Band 36, Heft 3 September 1954

ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

COMMONWEALTH INSTN
ENTOMOLOGY LIBRARY
29 SEP 1954
SERIAL Eu.270
SEPARATE

ZUGLEICH ORGAN DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

Begründet von K. ESCHERICH

HERAUSGEGEBEN VON

W. ZWÖLFER
Dr. rer. nat., o. ö. Professor für angewandte Zoologie an der Universität München

Mit 40 Abbildungen

1954
PAUL PAREY IN BERLIN UND HAMBURG

Z. ang. Ent. Bd. 36 **Heft 3** *S. 241—368 Bln. 1954*

Inhalt

Originalaufsätze

Statistische Methoden zur Untersuchung von Insektenpopulationen dargestellt am Beispiel des Grauen Lärchenwicklers (*Eucosma griseana* Hb. = *Semasia diniana* Gn.) Von A. Kaelin, Zürich und C. Auer, Chur. Mit 4 Abbildungen . . . 241

Die Einwirkung des Diäthyl-p-nitrophenyl-Esters der Thiophosphorsäure auf die San José-Schildlaus (*Quadraspidiotus perniciosus* Comst.) Von Gerhard Schuhmann, Berlin. Mit 2 Abbildungen 284

Tenuipalpus orchidarum Parfitt nun auch in deutschen Gewächshäusern. Von Gudo Dosse. Mit 10 Abbildungen 304

Mikrosporidien bei *Pieris brassicae* L., ihren Parasiten und Hyperparasiten. Von Hans Blunck, Bonn. Mit 15 Abbildungen 316

Die Kohlensäure-Sauerstoff-Druckmethode zur Bekämpfung der Großen Narzissenfliege (*Lampetia equestris* F.) Von W. E. de Mol van Oud Loosdrecht, Amsterdam. Mit 6 Abbildungen 334

Versuche zur Feststellung des Honigtauertrages von Fichtenbeständen mit Hilfe von Waldameisen. Von Gerhard Zoebelein, München 358

Zur Auslesemethode der Waldboden-Kleinfauna. Von G. Ronde. Mit 3 Abbildungen 363

Referate

Einzelreferate 367

Schriftleitung: Professor Dr. W. Zwölfer, München 13, Amalienstr. 52, Gartengeb. Manuskripte sind nur an den Herrn Herausgeber zu schicken.

Honorierung: Die Beiträge sind so kurz und präzise wie möglich zu halten. Bei Abbildungen und Tabellen wird gebeten, sich auf das Notwendigste zu beschränken. Jeder Arbeit ist am Schluß eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse anzufügen. Die Titel zitierter Zeitschriften sind nach den internationalen Regeln zu kürzen. Das Honorar beträgt je Bogen 40,— DM, mehr als 3 Bogen werden nicht honoriert. Der von Abbildungen und Tabellen eingenommene Raum sowie Doktor-Dissertationen werden nicht honoriert.

Erscheinungsweise: Jährlich erscheinen etwa 6 Hefte, von denen 4 einen Band bilden. Jedes Heft hat einen Umfang von 7 bis 8 Druckbogen. Das Abonnement verpflichtet zum Bezug eines ganzen Bandes. Es verlängert sich jeweils, falls nicht spätestens unverzüglich nach Eingang der letzten Lieferung des berechneten Bandes Abbestellung erfolgt.

Sonderabdrucke: Von Originalaufsätzen werden auf Wunsch 20 Sonderabdrucke kostenlos zur Verfügung gestellt, von Doktorarbeiten 50. Mehrbedarf kann gegen Berechnung geliefert werden.

Abonnementspreis dieses Heftes 25,60 DM **Einzelpreis 28,20 DM**

Statistische Methoden zur Untersuchung von Insektenpopulationen

dargestellt am Beispiel des Grauen Lärchenwicklers
(*Eucosma griseana* Hb. = *Semasia diniana* Gn.)

Von

A. Kaelin, Zürich, und C. Auer, Chur

Mit 4 Abbildungen

Der Graue Lärchenwickler tritt in den Waldungen des Ober-Engadins etwa alle zehn Jahre in derart großer Zahl auf, daß jeweils empfindliche Schäden entstehen. Das Kantonsforstinspektorat Graubünden entschloß sich im Jahre 1948, die Möglichkeiten der Bekämpfung des Grauen Lärchenwicklers auf breiter Grundlage zu erforschen. Forstinspektor H. Jenny, der Leiter des Kantonsforstinspektorates, beauftragte mit diesen Untersuchungen Dipl. Forsting. Dr. C. Auer, wissenschaftlichen Assistenten des Inspektorates. Es war naheliegend, sich für die Abklärung der biologischen Fragen an das Entomologische Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich zu wenden. Prof. Dr. P. Bovey, der gegenwärtige Leiter, wie auch sein Vorgänger, Prof. Dr. O. Schneider-Orelli, setzten sich mit voller Kraft für eine Arbeitsgemeinschaft zwischen Forstwissenschaftlern und Entomologen ein. Weniger naheliegend war es, von Anbeginn an auch die Verbindung mit Fachleuten der Statistik aufzunehmen. Für die statistische Beratung wurden Prof. Dr. A. Linder und Dipl. math. A. Kaelin vom „Laboratoire de Statistique mathématique appliquée" der Universität Genf gewonnen.

Die Durchführung der umfangreichen gemeinschaftlichen Untersuchungen wird zur Hauptsache durch den Eidgen. Fonds zur Förderung der Wald- und Holzforschung finanziert. Die Ausarbeitung der zweckentsprechenden statistischen Verfahren wurde durch Zuwendungen aus der Stiftung zur Förderung der Schweizerischen Volkswirtschaft durch wissenschaftliche Forschung ermöglicht.

Die vorliegende Arbeit wurde von A. Kaelin verfaßt. Sie soll vor allem zeigen, welche Aufgaben dem Statistiker in derartigen breit angelegten Untersuchungen zufallen, und mit welchen Hilfsmitteln er an ihre Lösung herantritt. Die Unterlagen stammen aus dem Bericht von C. Auer an das Kantonsforstinspektorat über die Ergebnisse der Untersuchungen im Jahre 1951.

Während die vorliegende Arbeit statistisch-methodische Fragen zum Gegenstand hat, sollen die biologischen Ergebnisse der Lärchenwickleruntersuchungen später gesondert veröffentlicht werden.

Teil I

Stichprobenverfahren zur Schätzung der Stärke und Variabilität des Befalls durch den Grauen Lärchenwickler

1. Einleitung

Seit ungefähr dem Jahre 1890 begann der Graue Lärchenwickler durch seine periodischen Massenvermehrungen im Engadin die Aufmerksamkeit weiterer Kreise von Forstwissenschaftlern und Biologen auf sich zu ziehen. Für den Forstmann waren es in erster Linie die nicht unerheblichen volkswirtschaftlichen Verluste infolge Verminderung des Zuwachses an Nutzholz in den Jahren der Massenvermehrungen, die zu einer intensiveren Beschäftigung mit dem Lärchenwickler führten; für den Biologen waren es die Erscheinungen der Periodizität im Auftreten des Schädlings, die Probleme von höchstem Interesse stellten.

Das Engadin kann als das bevorzugte Verbreitungsgebiet des Lärchenwicklers in der Schweiz betrachtet werden, zum mindesten hinsichtlich des Umfanges und der Geschlossenheit des Befallsgebietes; außerhalb des Engadins, im Kanton Graubünden und in der übrigen Schweiz tritt er eher sporadisch verbreitet auf. Es liegt daher nahe, diese Bevorzugung des Oberengadins durch den Lärchenwickler mit der geographisch-klimatischen Sonderstellung in Verbindung zu bringen, welche dieses Hochtal innerhalb des zentralen Alpengebietes einnimmt. Der geringe Abfall der Talsohle des Oberengadins von 1811 m ü. M. in Maloja auf 1616 m ü. M. unterhalb Scanfs bei einer Längserstreckung von rund 40 km, die einheitliche Orientierung des Tales von SW nach NE, die relativ breite Talsohle mit den mäßig ansteigenden Talflanken, geben dem Gebiet eine Geschlossenheit, die sich auch klimatisch auswirkt. Intensive Insolation, Nebelfreiheit und geringe Niederschlagsmenge sind die klimatischen Eigentümlichkeiten des Oberengadins, die diesem trotz seiner hohen Lage ein relativ mildes Klima verleihen. Die Gestaltung des Talkessels begünstigt den Waldbau bis hinauf zur Waldgrenze im allgemeinen und den Anbau der Lärche im besonderen. Inwieweit diese Monokultur der Lärche und inwieweit die speziellen klimatischen Bedingungen für das gehäufte Auftreten des Lärchenwicklers im Oberengadin verantwortlich zu machen sind, sollen die im Gang befindlichen populationsstatistischen Untersuchungen des Lärchenwicklers nach Möglichkeit abzuklären versuchen.

Über die Ursachen und Bedingungen, die zur eruptiven Massenentwicklung des Lärchenwicklers und zum nachfolgenden Zusammenbruch der Gradation führen, bestanden und bestehen immer noch recht divergierende Ansichten. Am meisten hat die Auffassung für sich, daß eine Störung des biologischen Gleichgewichts, z. B. infolge momentanen Überwiegens des Lärchenwicklers über seine Feinde, vorerst zu einer zunehmenden Vermehrung des Lärchenwicklers führt, welche dann ihrerseits die Voraussetzung für eine stärkere, wenn auch in ihrem Ablauf zum mindesten am Anfang verzögerte, Entwicklung der Feinde des Lärchenwicklers bildet; das sich im Zeitpunkt der Maximalphase des Lärchenwicklers schließlich einstellende Übergewicht seiner Feinde würde hierauf zum Zusammenbruch der Gradation und zu einer entsprechenden Reduktion der Feinde (eventuell in Verbindung mit einem Wirtswechsel) führen, worauf der Prozeß von

neuem begänne. Auffallend ist die ziemlich strenge Periodizität, mit der dieser Massenwechsel vor sich geht, und dieser Rhythmus scheint auch nicht durchbrochen zu werden, wenn die Maximalphase infolge ungünstiger Witterungsbedingungen ausnahmsweise weniger stark oder gar nicht zur Ausprägung gelangt. Für den Zusammenbruch der Gradation macht man übrigens auch Änderungen in der genetischen Struktur im Sinne einer Degeneration der Erbsubstanz und Verschiebungen im Geschlechtsverhältnis der Falter verantwortlich. Für die Gleichzeitigkeit des Auftretens der Maximalphase des Lärchenwicklers in den verschiedenen Talschaften Graubündens hat man, obwohl diese geographisch ziemlich weit auseinander liegen, die Überflugtheorie zur Erklärung herangezogen; man neigt nun aber doch eher dazu, die Lärchenwicklerpopulationen in den einzelnen Befallsgebieten als autochthon zu betrachten; die Parallelität des Massenwechsels könnte dann vielleicht durch makroklimatische Faktoren erklärt werden.

Der Umstand, daß die Gradationen regelmäßig zuerst in einzelnen ganz bestimmten Lärchenbeständen auftreten, während andere Bestände erst ein oder zwei Jahre später erfaßt werden, legt die Frage nahe, ob sich, von den allgemeinen, die Massenvermehrung auslösenden Ursachen abgesehen, noch besondere Bedingungen feststellen lassen, die die Vermehrung begünstigen oder hemmen. Als solche wären z. B. Exposition und Höhenlage des Bestandes zu nennen, vielleicht auch die Bodenvegetation, die als Verpuppungsmilieu eine Rolle spielen könnte. Reine Lärchenwaldungen scheinen für den Befall seit jeher besonders günstige Voraussetzungen zu bieten. Von erheblichem biologischem, aber auch von praktischem Interesse ist die Frage nach dem Verbleib des LW*) nach dem Zusammenbruch der Gradation: rettet sich der sogenannte „eiserne Bestand" in bestimmte Herdgebiete, von denen er sich später weiter ausbreitet, oder bleibt, mehr oder weniger gleichmäßig über das ganze Befallsgebiet verteilt, von der dezimierten LW-Population ein Rest übrig, von dem aus je nach den Umweltbedingungen die Entwicklung mehr oder weniger rasch neu beginnt?

Beim Versuch, diese Fragen einer Lösung zuzuführen, wurde das Hauptaugenmerk bisher vielleicht allzu sehr nur auf das Einzelproblem gerichtet. Wohl aus dieser Einstellung heraus gelangte man auch zu keiner umfassenden Bekämpfung, welche schließlich Ziel und Zweck aller Bestrebungen um den Lärchenwickler bleiben muß. In dieser Hinsicht ist nun in den letzten Jahren ein grundlegender Wandel eingetreten. Man hat gelernt, nicht mehr in erster Linie das Einzelproblem ins Auge zu fassen, sondern den ganzen Fragenkomplex in seiner Vielschichtigkeit als Ganzes zu betrachten. Die einzelnen Faktoren, mögen sie die Entwicklung des Lärchenwicklers nun fördern oder hemmen, werden nicht mehr für sich untersucht, sondern in ihrer gegenseitigen Beeinflussung und Wechselwirkung. Mit den neuern statistischen Methoden, darunter vornehmlich den Verfahren der Streuungs- und Abhängigkeitszerlegung, die der neuen Betrachtungsweise weitgehend Rechnung zu tragen gestatten, ist dem Biologen ein wirksames Hilfsmittel in die Hand gegeben, einen solchen Faktorenkomplex als Ganzes quantitativ zu erfassen und zu durchdringen.

*) LW = Abkürzung für Lärchenwickler

Bevor zur Zurückführung des LW-Befalls auf seine möglichen Ursachen geschritten werden kann, ist es nötig, ein möglichst genaues Bild der Befallsdichte sowohl in örtlicher als auch in zeitlicher Beziehung zu erhalten. Es erwies sich daher als notwendig, von der früher üblichen punktweisen Beobachtung, die sich überdies meistens nur auf die Schadensjahre erstreckte, zu einer kontinuierlichen Beobachtung überzugehen, einerseits indem die Beobachtungen systematisch über das ganze Engadin ausgedehnt wurden und anderseits, indem man suchte, die Entwicklung des Befalls über einen ganzen Massenwechselzyklus zu verfolgen. Ein einigermaßen zuverlässiger Einblick in die Entwicklung der LW-Populationen ließ sich aber nur mittels eines wohldurchdachten Stichprobenplanes gewinnen, eines Stichprobenplanes, der erlaubte, bei minimalem Zeit- und Kostenaufwand die Charakteristiken der Population wie Durchschnittsbefall und Variabilität des Befalls in bestimmten Teilgebieten möglichst gut zu schätzen. Die Verfahren der Stichprobenentnahme erweisen sich hier als sehr anpassungsfähig: nicht nur können die Wünsche des Biologen nach einer gleichzeitigen Erfassung der wichtigsten Standortsfaktoren berücksichtigt werden, auch den organisatorischen und administrativen Notwendigkeiten kann voll Rechnung getragen werden. Eine Stichprobenerhebung wäre nicht vollständig, wenn sie nicht erlaubte, die Genauigkeit der Ergebnisse abzuschätzen. Es liegt in der Natur jeder Stichprobenerhebung, daß die berechneten durchschnittlichen Befallswerte etwa in den einzelnen Gemeinden oder im ganzen Oberengadin nicht absolute Aussagen, sondern nur Schätzungen liefern. Sie sind daher mit einem Stichprobenfehler behaftet, der ein Ausdruck der Schwankungen ist, denen der Befall bei einer korrekten zufälligen Auswahl der Stichproben unterliegt. Überdies erlauben die Auswerteverfahren auch, die Präzision der Schätzungen zu beurteilen unter der Annahme, daß ein vom durchgeführten abweichender Stichprobenplan zur Anwendung gelangt wäre. Dies ist unter Umständen wertvoll für die Planung der Erhebungen für das Folgejahr.

In der vorliegenden Arbeit, die sich in erster Linie mit den statistischen Verfahren befaßt, werden lediglich die Ergebnisse der Erhebung für das Jahr 1951 und für das Oberengadin benutzt. Von der Einbeziehung der Ergebnisse im Unterengadin und erst recht derjenigen früherer Erhebungsjahre wurde im allgemeinen Umgang genommen. Die Zahlen beziehen sich auch nur auf das hauptsächlichste Schadinsekt *Eucosma griseana*, während den übrigen verwandten Begleitinsekten hier weiter keine Beachtung geschenkt wird.

2. Aufbau des Stichprobenplanes in Abhängigkeit von ökologischen Gesichtspunkten

a) Biologische Fragestellung

Was die bisherigen Kenntnisse über den Lärchenwickler betrifft, so weiß man bereits seit längerer Zeit, daß er auch außerhalb des Engadins im Kt. Graubünden überall dort auftritt, wo ausgedehntere Lärchenbestände im Gebiet des obersten subalpinen Fichtenwaldes und besonders des Alpenrosen-Lärchen-Arvenwaldes zwischen 1400—2100 m ü. M. einer Ent-

faltung geeignete Voraussetzungen bieten. Ferner ist bekannt, daß die Massenvermehrungen in bestimmten, sogenannten primären Befallsgebieten sich anzukündigen pflegen und, obwohl man Unabhängigkeit des Befalls annehmen sollte, in den einzelnen örtlich weit auseinanderliegenden Tälern Graubündens zeitliche parallel in Erscheinung treten. Der Einfluß makroklimatischer Faktoren mag vielleicht diese Gleichzeitigkeit der Massenvermehrungen in den verschiedenen, geographisch deutlich getrennten Tälern Graubündens noch erklären, als Grund für die überraschend strenge Periodizität der Erscheinung dürfte er aber kaum genügen. Für diese hat man keine hinreichende Erklärung; selbst die Annahme, daß eine zufällige Störung des biologischen Gleichgewichts zugunsten des Lärchenwicklers und zuungunsten seiner Feinde zum Anstoß der Massenvermehrung wird und daß dieser Massenvermehrung erst durch das infolge günstiger Entwicklungsbedingungen allmählich sich einstellende Übergewicht der Lärchenwickler-Feinde im Moment des Zusammenbruches der Gradation ein Ende gesetzt wäre, könnte höchstens den Massenwechsel an sich, nicht jedoch die auffallende Periodizität erklären.

Die bisherigen Beobachtungen beschränken sich auf den Zeitabschnitt zwischen Beginn und Ende der Maximal- oder Schadensphase, die forstlichen Angaben sogar nur auf die Beschreibung des Schadenbildes. Die qualitativen Hinweise auf die möglichen Ursachen der Massenvermehrung und ihres Zusammenbruches, wie die Einwirkung von Parasiten und die vermuteten Einflüsse einiger abiotischer Faktoren, sind ihrer quantitativen Bedeutung nach vollständig unerforscht. Zur Abklärung der Zusammenhänge war es daher nötig, von der bisherigen Punktbeobachtung zur kontinuierlichen Dauerbeobachtung überzugehen, die sich mit gleichbleibender Präzision über mindestens einen vollständigen Massenwechselzyklus erstrecken sollte. Diese Beobachtungen sollten einen Einblick geben in die Größe der jeweiligen Populationen und deren Veränderungen von Jahr zu Jahr, sowie die Zustandsgrößen eines möglichst großen Ausschnittes der biotischen und abiotischen Umwelt. Es zeichnet sich damit die Möglichkeit ab, das biologische Gleichgewicht an einem konkreten Beispiel quantitativ zu erfassen und zu definieren.

Da die früheren Beobachtungen auf eine deutliche Bevorzugung des Oberengadins durch den Lärchenwickler hinweisen, erscheinen die Voraussetzungen für eine derart umfassende Untersuchung daselbst am günstigsten.

Die Fragestellung des Biologen war im wesentlichen die folgende:

1. Es ist mit geringstem Aufwand an Zeit und Mitteln die Größe der LW-Populationen mit genügender Genauigkeit zu schätzen.

2. Verteilt sich der „eiserne Bestand" des Lärchenwicklers zufällig über alle Waldungen des Oberengadins oder bevorzugt er einzelne Standorte?

3. Bestehen irgendwelche Beziehungen zwischen der Ökologie der untersuchten Standorte und der Größe der LW-Populationen?

4. Ist die Biologie des LW in den Perioden zwischen den Gradationen irgendwie verändert?

5. Welches sind die Veränderungen der Populationen an einem Standort von Jahr zu Jahr bis zum Ausbruch der Massenvermehrung und ist der Ausbruch ein allgemeiner oder geht er von bestimmten Herdgebieten aus?

6. Vorbeugende Maßnahmen und eventuell Aufbau eines Überwachungssystems.

b) Gegenstand der Erhebung und Sammeltechnik

Um die Lösung dieser Fragen in Angriff nehmen zu können, mußten vorerst verschiedene Probleme praktischer Natur abgeklärt werden. Der Umstand, daß der Schädling in seinem Larvenstadium am leichtesten erkannt und lokalisiert werden kann und auch im Zustand der Raupe seine Verheerungen anrichtet, legte es nahe, ihn während dieses Stadiums genauer zu beobachten. Dies hatte zur Folge, daß die Lärchenwicklerraupe auf den Lärchenzweigen in ihrer Gespinströhre aus Lärchennadeln festgestellt und die Beobachtung daher auf die etwa dreiwöchige Dauer des Larvenstadiums beschränkt werden mußte.

Ferner fehlte im Zeitpunkt des Beginns der Erhebungen, also unmittelbar nach dem Zusammenbruch der letzten Gradation, jeder Anhaltspunkt über Lokalisation und mutmaßliche Stärke der LW-Populationen, welche die Gradation überlebt hatten. Jedem von Lärchen bestockten Gebiet kam daher für die Erhebung grundsätzlich die gleiche Bedeutung zu. Anderseits konnte auch bei Beschränkung auf das Oberengadin keine Rede davon sein, alle rund 600 000 Lärchen nach LW-Larven abzusuchen. Vielmehr drängte sich von Anfang an ein stichprobeweises Erfassen der Befallsorte und Befallsstärken auf. Es kam ja weniger darauf an, die Absolutwerte des LW-Befalls festzustellen, als darauf, zu wissen, wo der LW sich bevorzugt aufhält und mit welcher relativen Dichte verteilt er auftritt. Eine schrittweise aufgebaute und erweiterte Stichprobenerhebung war hier durchaus in der Lage, diese Frage hinreichend genau zu beantworten.

Zu Beginn der Erhebungen war man sich auch nicht richtig im klaren über die günstigste Zeit für das Einsammeln der LW-Raupen. Durch eine Vorerhebung in begrenztem Rahmen, die gleichzeitig der Einführung des Personals in die Sammeltechnik dienen sollte, wurde diese Frage abgeklärt sowie das Stichprobenverfahren und das Funktionieren der Organisation erprobt und das Vorgehen für die weitern Erhebungen wenigstens den allgemeinen Richtlinien nach festgelegt.

Was die organisatorischen Maßnahmen betrifft, mußten die Gemeinden des Oberengadins orientiert und zur aktiven Mitarbeit durch Stellung des Sammelpersonals und von Werkzeugen gewonnen werden. Als Grundlage der Stichprobenerhebung mußten Stammzahlprotokolle der forsteinrichtungstechnischen Waldabteilungen erstellt werden.

Hinsichtlich der Sammeltechnik bewährte sich folgendes Verfahren. Von jedem Baum der Stichprobe wurden dreißig bis daumendicke Äste oder Zweige und vier bis sechs ganze Äste, gleichmäßig über das Kronvolumen verteilt, ausgeschnitten und an Ort und Stelle auf die nach einiger Schulung leicht kenntlichen charakteristischen Gespinste aus Lärchennadeln untersucht. Die Raupen pflegen in diesen Gespinsten zu verbleiben, selbst wenn die Äste 10—20 m von der Krone auf den Boden hinunter geworfen werden. Für jeden Baum wurden die auf den Ästen gefundenen Insekten und LW-Gespinste mit einem 10 cm langen Zweigstück in einen Papiersack gelegt, um an die zentrale Auswertungs- und Bestimmungsstation spediert zu werden. Wiederum war es die Vorerhebung, welche die nötigen Anhaltspunkte über den Arbeitsaufwand pro Baum resp. die Tagesleistung an Bäumen pro 2-Mann-Equipe lieferte.

c) Unterteilung des Untersuchungsgebietes nach ökologischen und administrativen Gesichtspunkten

Auf die Ergebnisse der Vorerhebung soll hier weiter nicht eingegangen werden. Nur soviel sei festgehalten, daß sie in den Höhenlagen unter 1800 m ü. M. (1800 m ü. M. = durchschnittliche Höhe des Talbodens im Oberengadin von St. Moritz bis Sils) etwa einen viermal so großen Befall ergab wie in den Lagen über 1800 m, während hinsichtlich der beiden Talseiten keine deutlichen Unterschiede in der Befallsstärke vorhanden waren. Mangels anderer Informationsquellen und weil die Vorerhebung die Streuungen nur unzuverlässig zu schätzen gestattete, lag es nahe, auf Grund von wahrscheinlichkeitstheoretischen Überlegungen vorerst anzunehmen, daß der Befall pro standardisierte Zweigmaße des Einzelbaums angenähert einer Poissonschen Verteilung folgte. Dies bedeutete, daß die Variabilität der Befallswerte in den untern Lagen etwa ($\sqrt{4} = 2$)-mal so groß anzunehmen war wie in den oberen Lagen. Entsprechend den Grundsätzen der rationellen Stichprobenplanung, auf die später noch eingegangen werden soll, ergab sich damit für die erste Haupterhebung eine primäre Unterteilung des Untersuchungsgebietes nach Gesichtspunkten der Befallsstärke, indem in den untern Lagen relativ doppelt so viele Bäume untersucht wurden wie in den obern Lagen.

Eine weitere Unterteilung des Untersuchungsgebietes aus organisatorischen und arbeitstechnischen Gründen, die während der drei Jahre der bisherigen Erhebungen beibehalten werden und das Gerüst des Rahmens der Stichprobenerhebung bilden sollte, war diejenige nach Gemeinden und Talseiten. Nicht nur wurden die Arbeitskräfte von den Gemeinden gestellt und kamen diese auch gemeindeweise zum Einsatz, sondern auch forsteinrichtungstechnisch war jede Gemeinde für sich autonom. Bei Aufteilung der 11 Gemeinden des Oberengadins in maximal 4 Teilgebiete entsprechend der linken und rechten Talseite und der Höhenlage unterhalb und oberhalb 1800 m ü. M. entstanden im ganzen 34 Teilgebiete. Statistisch gesprochen hatte man hierin eine Schichtung des Untersuchungsgebietes, die erlauben sollte, bei der Auswertung die Ergebnisse einzelner, in bezug auf einige ökologische Faktoren wie Exposition, Bestandesverhältnisse, Bodenvegetation und dergleichen noch relativ einheitlicher Gebiete gegeneinander abzuwägen.

d) Qualitative Beschreibung des Stichprobenplanes

Die Anforderungen des Biologen an die Untersuchung und selbst die ziemlich wesentlichen Einschränkungen, welche die forstlich-administrative Struktur des Untersuchungsgebietes mit sich brachte, legen den Stichprobenplan noch keineswegs eindeutig fest. Eine unerläßliche Bedingung muß aber jeder Stichprobenplan notwendig erfüllen: Die Wahl der Einheiten, die in die Stichprobe aufgenommen werden, muß zufällig erfolgen; denn nur die zufällige Auslese der Stichprobeneinheiten erlaubt die Anwendung der wahrscheinlichkeitstheoretischen Prinzipien, auf denen letztlich die zuverlässige Schätzung des durchschnittlichen Befalls und des zugehörigen Stichprobenfehlers beruht. Ein Stichprobenplan, der die zufällige Auswahl

der Stichprobeneinheiten garantiert hätte, wäre etwa der folgende gewesen: Es wird eine Zuordnung hergestellt zwischen den 611 000 Lärchen des Oberengadins und der fortlaufenden Nummernfolge 1—611 000; aus dieser Nummernfolge werden, sagen wir, 2000 Nummern zufällig ausgelesen und dann die diesen 2000 Nummern entsprechenden Bäume in die Stichprobe aufgenommen. Eine solche Auslese der Probebäume hätte wohl ein Höchstmaß an Zufälligkeit gewährleistet, sie hätte jedoch, abgesehen davon, daß die praktische Durchführung des Planes mit Schwierigkeiten verbunden gewesen wäre, nicht den weiter oben dargelegten administrativen Gegebenheiten genügt. Die Unterteilung des Untersuchungsgebietes nach Gemeinden und nach Höhenlagen und Talseiten auf Grund von Gesichtspunkten der Ökologie bringt allerdings ein die vollständig zufällige Auswahl der Probebäume einengendes Element in den Stichprobenplan. Dieser Einbuße an Zufälligkeit steht aber der Vorteil gegenüber, daß jedes der durch Unterteilung des Untersuchungsgebietes nach Talabschnitten-Gemeinden, Höhenlagen und Talseiten entstehenden Teilgebiete entsprechend seiner an der Größe der Lärchenwaldungen und eventuell an der Befallsstärke früherer Jahre gemessenen Bedeutung in den Stichprobenplan hineinkommt. Die Wahl dieses Stichprobenplanes wurde auch entscheidend beeinflußt durch die Überlegung, daß bei der zu erwartenden geringen Populationsdichte unmittelbar nach der Gradation eine Schichtung in Teilgebiete die Lokalisierung des „eisernen Bestandes" erleichtern würde.

Dieses durch die Schichtung eingeführte systematische Element enthebt natürlich nicht von der Notwendigkeit, innerhalb der Teilgebiete die Stichprobeneinheiten vollständig zufällig zu wählen. Auch in dieser Beziehung stehen noch verschiedene Möglichkeiten offen. In jedem der 34 Teilgebiete hätte man die jeweils in Betracht kommende Anzahl Bäume zufällig auslesen können; schließlich aber gaben auch hier organisatorische und arbeitstechnische Rücksichten den Ausschlag zu einem andern Vorgehen. Einerseits war in den forsteinrichtungstechnischen Abteilungen eine gewisse Gliederung der Teilgebiete gegeben, die bei der Stichprobenauswahl ausgenützt werden mußte, anderseits durfte die Sammeltätigkeit nicht allzu sehr durch lange Anmarschwege innerhalb der immerhin noch ziemlich ausgedehnten Teilgebiete erschwert werden. Dies führte dazu, die Erhebung resp. die Zuteilung der Probebäume innerhalb der Teilgebiete z w e i s t u f i g in zwei Schritten durchzuführen.

Beim ersten Schritt wurden aus den forsteinrichtungstechnischen Abteilungen durch Unterteilung zunächst fiktive Einheitsabteilungen (Stichprobeorte) von ca. 500 Lärchen gebildet, wobei darauf geachtet wurde, daß diese hinsichtlich ökologischer Eigenschaften wie Höhenlage, Exposition, Bodenvegetation möglichst einheitlich ausfielen. Diese Festlegung der Einheitsabteilungen oder Stichprobeorte wurde als Teil des Rahmens der Stichprobenerhebung über alle Jahre beibehalten; was mehr oder weniger änderte, war lediglich die Auswahl der Einheitsabteilungen, die jeweils in die Stichprobe Aufnahme fanden. Zu diesem Zweck wurden die Einheitsabteilungen in jedem Teilgebiet numeriert und die jeweils in Betracht kommende Anzahl mit Hilfe von Tabellen von Zufallszahlen zufällig ausgelesen. Um einen Vergleich der Befallswerte in verschiedenen Jahren zu ermöglichen, wurde, wiederum durch Anwendung eines Zufallsmechanismus, dafür gesorgt, daß wenigstens ein Teil der Stichprobeorte in j e d e m Jahr

in die Stichprobe von Einheitsabteilungen gelangte. Die Art des Vorgehens für das Jahr 1950 zeigt Tabelle 1 am Beispiel von Madulain, Schattenseite oben.

Tabelle 1.
Auswahl der Stichprobeorte in Madulain, Schattenseite oben

Abteilung Nr.	Stammzahl	Ordnungs-Nummern
9	1 212	**1**, 2, 3
10	1 828	4, 5, 6
11	202	7
12	778	8
13	1 207	9, 10, 11
14	678	**12**
15	1 550	13, **14**, 15
16	2 363	16—20
17	2 868	21—25
	12 686	

Das in 9 forsteinrichtungstechnischen Abteilungen 12 686 Lärchen umfassende Teilgebiet wurde in 25 Einheitsabteilungen von ca. 500 Stämmen aufgeteilt, wovon 3 zufällig ausgelesen wurden. Im ganzen Oberengadin entstanden auf diese Weise gesamthaft 1234 solcher Einheitsabteilungen entsprechend einer Stammzahl von durchschnittlich 495 Lärchen pro Einheitsabteilung bei einem effektiven Gesamtbestand von 611 028 Lärchen mit über 16 cm Brusthöhendurchmesser.

In einem zweiten Schritt wurde die Lage der Einzelbäume innerhalb der Einheitsabteilungen fixiert. Um die Auswertung der Ergebnisse der Erhebung zu erleichtern, wurden in jeder Einheitsabteilung die gleiche Anzahl Bäume (n'') zufällig ausgelesen, wenn diese Anzahl sich auch von Jahr zu Jahr und vom Oberengadin zum Unterengadin änderte (Oberengadin 1949: $n'' = 14$, 1950: $n'' = 7$, 1951: $n'' = 4$, 1952: $n'' = 3$). Die zufällige Auslese der 14 Bäume für 1950 sei am Beispiel von Madulain, Abteilung 9, erläutert (Fig. 1). Diese Abteilung wird durch einen Waldweg ziemlich gut in drei ungefähr gleich große Teile zerschnitten. Von diesen drei Teilen wurde einer zufällig ausgewählt und mit Hilfe zufällig angeordneter Zahlentabellen die Koordinaten der 14 Bäume bestimmt. Da ein Punkt auf einem Plan im Maßstab von 1 : 5000 noch keinen Einzelbaum, sondern immer noch eine Baumgruppe bezeichnet, wurde angenommen, daß innerhalb der Baumgruppe der Probebaum von den Sammlern nach Maßgabe

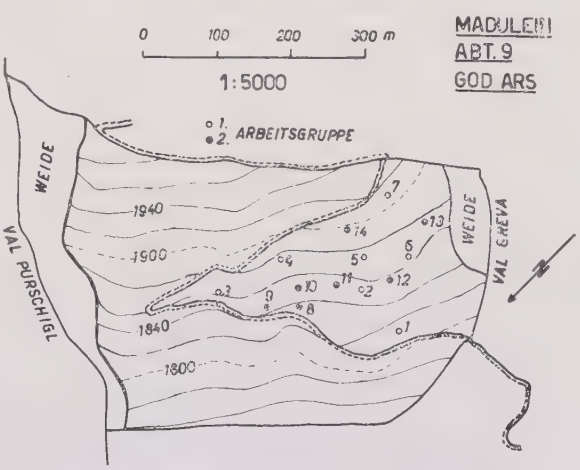

Fig. 1
Beispiel für die zufällige Auslese der Probebäume in einer Abteilung

seiner Besteigbarkeit ausgelesen wurde. Ein möglicherweise von dieser Auswahl des Probebaumes durch die Sammler herrührender systematischer Einfluß auf die Ergebnisse durfte wohl vernachlässigt werden. — Die Baumgruppen wurden von den Sammlern mittels eines vorgezeichneten Lageplanes aufgesucht. Ein Doppel dieses Planes blieb auf der Auswertezentrale. Zur Ergänzung der Information über die Stichprobenbestände hatten die Sammler zu jedem Baum ein vorgedrucktes Formular auszufüllen und den Zweigproben in dem für die Auswertezentrale bestimmten Sack beizulegen. Um einen Vergleich der Ergebnisse in den verschiedenen Beobachtungsjahren zu ermöglichen, wurden wiederum einzelne, ebenfalls zufällig ausgelesene Probebäume in jede der Erhebungen aufgenommen. Dies bedingte, daß jeder der Stichprobenbäume durch eine Nummer oder sonst irgendwie gekennzeichnet werden mußte.

Zusammenfassend führen also die Wünsche des Biologen auf Berücksichtigung ökologischer Verschiedenheiten im Untersuchungsgebiet und die forstlich-administrativen Gegebenheiten ziemlich zwangsläufig zu einem Stichprobenplan, der in zwei Stufen und drei Schichtungen aufgebaut ist. Die drei Schichtungen nach Talabschnitten (Gemeinden), Talseiten und Höhenlagen führen zu einer das ganze Untersuchungsgebiet des Oberengadins lückenlos überdeckenden Aufteilung in 34 Teilgebiete. In jedem Teilgebiet erfolgt die Wahl der Probebäume zweistufig: Auf der ersten Stufe wird aus der Gesamtheit von Einheitsabteilungen eine bestimmte Anzahl von Stichprobeorten zufällig ausgelesen, auf der zweiten Stufe wird innerhalb dieser Stichprobeorte eine bestimmte Anzahl Bäume wiederum zufällig ausgewählt. Zufällig heißt: In jedem Teilgebiet hat eine Einheitsabteilung bzw. ein Stichprobeort grundsätzlich die gleiche Chance, in die Stichprobe zu kommen, und innerhalb eines bestimmten Stichprobeortes hat jeder Baum grundsätzlich die gleiche Chance, als Stichprobenbaum gewählt zu werden.

e) Kostenstruktur der Erhebung

Diese qualitative Beschreibung paßt prinzipiell auf jeden der Stichprobenpläne der vier Erhebungsjahre. Was sich von Jahr zu Jahr änderte, sind die quantitativen Bestimmungselemente. Über die quantitative Festlegung des Stichprobenplanes, d. h. über die Frage, warum in einem Teilgebiet gerade so viele Einheitsabteilungen und an einem Stichprobeort gerade so viele Bäume ausgewählt wurden, wird später noch die Rede sein müssen. Hier sei nur soviel bemerkt, daß diese quantitativen Elemente hauptsächlich eine Funktion der Kosten sind, die man für die Erhebung aufwenden, und der Genauigkeit oder Zuverlässigkeit der Ergebnisse, die man dabei anstreben will. Im ersten Erhebungsjahr 1949, wo die Kosten für die Erhebung noch den Gemeinden des Oberengadins überbunden werden mußten, war die Dichte der Stichprobenerhebung bedingt durch einen Kompromiß zwischen den Erfordernissen des Stichprobenplanes hinsichtlich der Genauigkeit der Ergebnisse und zwischen den finanziellen Aufwendungen, welche die Gemeinden zu übernehmen in der Lage waren. In den spätern Jahren war der Grundsatz, die gleiche Präzision der Ergebnisse wie 1949 zu erreichen, in erster Linie maßgebend. Im ersten Jahr wurde also die Präzision von den Kosten her, in den nachfolgenden Jahren die Kosten von der Präzision her bestimmt. Es wurde bereits bemerkt, daß schon im ersten Erhebungsjahr

zwischen den Teilgebieten eine unterschiedliche Stichprobendichte entsprechend der verschiedenen Befallsstärke in den beiden Höhenlagen in Anwendung kam. Dieser Grundsatz, die Anzahl der Stichprobeorte, nunmehr innerhalb jedes der 34 Teilgebiete, nicht nur proportional zur Stammzahl, sondern auch proportional zur Variabilität des Befalls im Vorjahr zu machen, wurde in den spätern Jahren noch konsequenter durchgeführt, da man annehmen durfte, daß er einen besonders günstigen Ausgleich zwischen den Kosten und der Genauigkeit der Erhebungsresultate erlaube.

Eine eigentliche Kalkulation der Kosten in Abhängigkeit von der Dichte der Stichprobenerhebung war allerdings erst vom zweiten Jahr der Erhebung an möglich, nachdem die Zeit- und Arbeitsstudien des ersten Jahres eine Aufteilung der Kosten auf diejenigen pro Einzelbaum und pro Stichprobeort ermöglichten. Es wurde die durchschnittliche Kostenaufteilung, gemittelt über das ganze Oberengadin, bestimmt; selbstverständlich hätte man die Kostenaufteilung aber auch in jedem einzelnen der Teilgebiete vornehmen können. Hätte man besonderen Wert darauf gelegt, so hätte man hierin ein Mittel in der Hand gehabt, die kostenintensiven Lärchenbestände mit langen Anmarschwegen gegenüber den arbeitsintensiveren mit nur kurzen Anmarschwegen relativ schwächer zu berücksichtigen, und bei gegebenem Stichprobenfehler hätten sich auf diese Weise die Kosten möglicherweise noch etwas mehr reduzieren und der Plan bei gegebenen Kosten noch wirksamer gestalten lassen.

Es wird die Frage auftauchen, warum von Jahr zu Jahr die Anzahl n'' der Bäume pro Stichprobeort immer stärker reduziert worden ist, nämlich von 14 bis auf schließlich 3. Hierzu ist zu bemerken, daß anfänglich, d. h. bis einige Angaben über die Kostenstruktur der Erhebung vorlagen, die arbeitstechnischen Rücksichten zu einer Konzentration der Erhebung innerhalb eines Teilgebietes an wenigen Stichprobeorten mit einer relativ großen Anzahl von Bäumen zwangen; eine Anpassung der Erhebung an die Befallsstärke kam ja auch noch nicht in Frage, da die Vorerhebung über die Stärke des Befalls im g a n z e n Oberengadin nichts Genügendes aussagen konnte und auch nicht wollte. In den spätern Jahren machte sich dann allerdings das Bedürfnis geltend, bei der Wahl der Stichprobeorte auf die Veränderlichkeit des Befalls von Ort zu Ort (im Vorjahr) abzustellen und das Schwergewicht der Erhebung auf die Teilgebiete mit großer Variabilität zwischen den Stichprobeorten und innerhalb derselben zwischen den Bäumen zu verlagern. Dies führte, selbst unter Berücksichtigung des immer angestrebten Ausgleichs der Kosten, dazu, innerhalb der Teilgebiete in vermehrtem Maße relativ zahlreiche Stichprobeorte mit weniger Bäumen in die Untersuchung einzubeziehen und damit dem Zufall einen etwas weitern Spielraum zu geben, indem ja doch anzunehmen war, daß Bäume desselben Stichprobeortes einander in bezug auf den Befall ähnlicher sind als Bäume verschiedener Stichprobeorte, so daß man eigentlich einen Verlust an Information erleidet, wenn man viele Bäume desselben Stichprobeortes und damit nur wenige Stichprobeorte in die Stichprobe aufnimmt.

Die relativ große Anzahl von 14 Probebäumen pro Stichprobeort im ersten Erhebungsjahr verfolgte aber noch den weitern Zweck, allfällige systematische Fehler auf Grund ungleicher Arbeitsleistungen der Sammlerequipen oder auf Grund abweichender Auffassungen über die Größe der standardisierten Zweigmasse, die aus der Baumkrone ausgeschnitten und

untersucht werden mußte, schon von Anfang unter Kontrolle zu bringen. Die Zahl von 14 Bäumen an einem in bezug auf den Befall doch wohl ziemlich einheitlichen Stichprobeort erlaubte es, je zwei 2-Mann-Equipen jeweils am gleichen Stichprobeort arbeiten zu lassen und die Ergebnisse zu vergleichen. Im allgemeinen erwiesen sich die festgesetzte Definition der Zweigmasse und die Vorkehrungen zur einheitlichen Durchführung der Sammeltechnik als zweckmäßig, und wesentliche Fehler auf Grund von unterschiedlichen Arbeitsleistungen der Arbeitsgruppen brauchten nicht ernstlich in Betracht gezogen zu werden.

3. Der durchschnittliche LW-Befall im Ober-Engadin im Jahre 1951

Eine der Hauptaufgaben der statistischen Untersuchung über den Lärchenwickler im Oberengadin besteht zunächst darin festzustellen, welche Standorte er bevorzugt und wie die Befallsdichte von Ort zu Ort variiert. Erst dann kann man versuchen, diese Befallsdichten irgendwie zu erklären und auf Standorts- und Umweltfaktoren zurückzuführen.

a) Der Stichprobenplan für das Jahr 1951

Die Anwendung der im vorigen Kapitel auseinandergesetzten allgemeinen Grundsätze für die Aufstellung eines Stichprobenplanes führte auf Grund der Ergebnisse der Erhebung von 1950 zu einem Stichprobenplan für 1951 mit $n' = 173$ Stichprobeorten und $n'' = 4$ Bäumen pro Stichprobeort als günstigster Lösung, welche die Forderung erfüllte, den Stichprobenfehler des durchschnittlichen Befalls bei minimalen Kosten zum mindesten nicht größer als denjenigen für 1950 ausfallen zu lassen. Da die Befallsverhältnisse von 1951 auf Grund derjenigen von 1950 nicht mit Sicherheit vorauszusehen waren, erschien es wünschenswert, eine gewisse Präzisionsreserve einzukalkulieren und etwas über diesen für die Erhebung unumgänglich nötigen Umfang hinauszugehen. Es wurden daher im ganzen 301 Stichprobeorte zu je 4 Bäumen untersucht, die sich wie in Spalte 3 von Tabelle 2 auf die 34 Teilgebiete aufteilen, und zwar, wie dies wohl kaum betont werden muß, nach Möglichkeit proportional zur ursprünglichen Aufteilung der 173 Stichproben auf diese Teilgebiete. Beispielsweise entfielen auf Sils, Schattenseite oberhalb 1800 m ü. M., 16 Stichprobeorte entsprechend einer Stichprobenquote $f' = n'/N' = 0.176$ von insgesamt 91 Einheitsabteilungen in diesem Teilgebiet. In jedem der 16 Stichprobeorte wurden 4 Bäume untersucht, so daß der Satz untersuchter Bäume $f = n/N = 4 \times 16/46254 = 1.384‰$ der insgesamt 46'254 Bäume des Teilgebietes betrug.

Es ist hier vielleicht der Ort, auf die großen Unterschiede von f' und f von Teilgebiet zu Teilgebiet hinzuweisen. Diese Unterschiede sind beabsichtigt, indem sie der starken Variabilität des Befalls im Vorjahr (1950), einerseits zwischen den Bäumen innerhalb der Stichprobeorte, anderseits zwischen den Stichprobeorten innerhalb eines Teilgebietes Rechnung tragen.

b) Der durchschnittliche LW-Befall in den Teilgebieten, den Gemeinden und im ganzen Oberengadin

Die rohen Befallswerte sind in Spalte 9 von Tabelle 2 eingetragen, der durchschnittliche Befall in Spalte 10. Der letztere ist für alle Bäume

des betrachteten Teilgebiets als repräsentativ zu betrachten. Beispielsweise wurden auf den 64 Bäumen der Stichprobe in Sils, Schattenseite, obere Lage, 218 LW gezählt, was einem durchschnittlichen Befall von 3.40625 LW pro Baum resp. pro definierte Zweigmasse auf dem Einzelbaum entspricht. Die 5 Stellen nach dem Komma beim Durchschnittsbefall sind nötig, um die Gesamtzahl LW auf den definierten Zweigmassen aller 46254 Bäume des betrachteten Teilgebiets in Sils mit genügender Genauigkeit zu schätzen. Diese Gesamtzahl ist natürlich $Y = 46254 \times 3.40625 = 157'553$. Wünscht man den durchschnittlichen Befall für ganz Sils zu kennen, so hat man zu 157'553 die entsprechende Zahl 315'266 für die Sonnenseite, obere Höhenlage, zu addieren. Dies ergibt für $N = 72'427$ Lärchen einen geschätzten Befall von $Y = 472'819$ LW, oder einen durchschnittlichen Befall in Sils von $\bar{y} = 6.52821$ LW pro definierte Astmasse des Einzelbaums. Auf diese Weise sind alle Werte in Spalte 10, die einer Zusammenfassung von Teilgebieten zu Gemeinden, Talseiten oder Höhengürteln entsprechen, entstanden. Es wäre also unkorrekt, den durchschnittlichen Befall in Sils durch 748/108 = Summe aller beobachteten LW in Sils/Anzahl aller Probebäume in Sils = 6.55556 zu schätzen, auch wenn die Abweichung hier nicht erheblich ist. Vielmehr ist es nötig, die beobachteten Befallswerte mit den Stammzahlen zu gewichten, um ein richtiges Bild des durchschnittlichen Befalls zu bekommen. Auf diese Weise erhält man, indem man alle Werte Y in Spalte 11 addiert und durch die Gesamtzahl der Stämme 611'028 (Spalte 6) im Oberengadin dividiert, als durchschnittlichen LW-Befall im Oberengadin im Jahre 1951 $Y = 3.33373$ LW pro Zweigmasse des Einzelbaums. Ohne die rohen Befallswerte mit der Stammzahl zu gewichten, hätte man die weniger gute Schätzung $\bar{y}^* = 3.50083$ LW pro Astmasse des Einzelbaums erhalten.

Figur 2 gibt ein Bild über die Stärke des Befalls durch *Eucosma griseana* in den einzelnen forsteinrichtungstechnischen Abteilungen des Oberengadins. Wenn auch der Darstellung hier nicht die 34 Teilgebiete unserer Tabelle 2 zugrunde liegen, so vermittelt die Abbildung in Übereinstimmung mit Spalte 10 doch eine Vorstellung über die wichtigsten Befallsgebiete.

Die Schätzung der durchschnittlichen Befallsstärke am ganzen Baum, nicht nur an der für die Stichprobe definierten Zweigmasse, scheitert an der unbekannten Relation zwischen dieser Zweigmasse und der Zweigmasse des ganzen Baumes. Immerhin dürfte die definierte Zweigmasse je nach Astigkeit etwa $^1/_{20}$—$^1/_{10}$ der gesamten Zweigmasse ausmachen.

c) Stichprobenfehler des Durchschnittbefalls

Die durchschnittlichen Befallswerte in Spalte 10 sind selbstverständlich nur als Schätzungswerte zu betrachten. Zu zahlreich sind die Fehlerquellen, die das Zustandekommen der rohen Befallswerte in Spalte 9 beeinflussen können. Man braucht nur an die Abweichungen im Umfang der Astmasse, an die wechselnde Sorgfalt beim Untersuchen der Zweige und an allfällige Unzulänglichkeiten bei der Artbestimmung der Raupen zu denken, ganz zu schweigen davon, daß nicht alle Einheitsabteilungen und in diesen nicht alle Bäume untersucht werden, sondern nur eine Stichprobe davon. Wären also in einem bestimmten Teilgebiet andere Einheitsabteilungen oder in den gleichen Einheitsabteilungen andere Bäume in die

Tabelle 2. Schätzung des LW-Befalls *(Eucosma griseana)*

Gemeinde	Lage	n'	n	N'	N	$f' = \frac{n'}{N'}$	$10^3 \times f = \frac{n}{N}$	Sy	$\bar{y} = \frac{Sy}{n}$	$Y = \frac{N}{n} Sy$	SQ zwischen Stichproben
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sils	Scha o	16	64	91	46254	0.17582	1.384	218	3.40625	157553	556.438
	So o	11	44	53	26173	0.20755	1.681	530	12.05545	315266	1 735.409
		27	108	144	72427	—	—	748	6.52821	472819	4 237.907
Silvaplana	Scha o	6	24	76	36859	0.07895	0.651	52	2.16667	79861	30.833
	So o	3	12	30	14980	0.10000	0.801	5	0.41667	6242	1.167
		9	36	106	51839	—	—	57	1.66097	86103	56.500
St. Moritz	Scha o	3	12	49	24829	0.06122	0.483	4	0.33333	8276	0.167
	So o	3	12	25	13507	0.12100	0.888	1	0.08333	1126	0.167
		6	24	74	38336	—	—	5	0.24525	9402	0.708
Celerina	Scha o	2	8	74	38547	0.02703	0.208	0	0	0	0.000
	Scha u	2	8	16	7712	0.12500	1.037	1	0.12500	964	0.125
	So o	2	8	37	17920	0.05405	0.446	0	0	0	0.000
		6	24	127	64179	—	—	1	0.01502	964	0.208
Pontresina	Scha o	9	36	77	37402	0.11688	0.963	25	0.69444	25974	17.389
	So o	8	32	86	40504	0.09302	0.790	26	0.81250	32910	30.875
		17	68	163	77906	—	—	51	0.75583	58884	48.500
Samaden	Scha o	5	20	21	10973	0.23810	1.823	18	0.90000	9876	4.300
	Scha u	5	20	13	7904	0.38462	2.530	59	2.95000	23317	65.700
	So o	14	56	55	28266	0.25455	1.981	779	13.91071	393200	13 117.304
	So u	3	12	24	12314	0.12500	0.974	129	10.75000	132376	1 540.500
		27	108	113	59457	—	—	985	9.39787	558769	18 157.685
Bever	Scha o	15	60	45	21981	0.33333	2.730	63	1.05000	23080	79.100
	Scha u	2	8	8	4447	0.25000	1.799	20	2.50000	11118	4.500
	So o	9	36	41	19976	0.21951	1.802	77	2.13889	42726	250.056
	So u	2	8	6	2236	0.33333	3.578	29	3.62500	8106	36.125
		28	112	100	48640	—	—	189	1.74815	85030	436.812
Ponte	Scha o	36	144	37	16608	0.97297	8.676	213	1.47917	24566	352.188
	Scha u	13	52	16	7753	0.81250	6.707	78	1.50000	11630	60.000
	So o	7	28	22	10234	0.31818	2.736	31	1.10714	11330	28.929
	So u	2	8	5	1958	0.40000	4.086	52	6.50000	12727	40.500
		58	232	80	36553	—	—	374	1.64837	60253	683.086
Madulain	Scha o	26	104	25	12646	1.04000	8.224	193	1.85577	23468	515.087
	Scha u	13	52	7	3921	1.85714	13.262	233	4.48077	17569	543.731
	So o	4	16	13	6325	0.30769	2.530	102	6.37500	40322	120.250
	So u	2	8	2	899	1.00000	8.899	66	8.25000	7417	242.000
		45	180	47	23791	—	—	594	3.73150	88776	2 057.800
Zuoz	Scha o	3	12	63	30185	0.04762	0.398	79	6.58333	198718	211.167
	Scha u	2	8	11	5602	0.18182	1.428	23	2.87500	16106	0.125
	So o	5	20	13	6016	0.38462	3.324	258	12.90000	77606	587.800
		10	40	87	41803	—	—	360	6.99543	292430	1 473.500
Scanfs	Scha o	14	56	48	23004	0.29167	2.434	96	1.71429	39435	98.429
	Scha u	14	56	24	13087	0.58333	4.308	34	0.60714	7946	35.857
	So o	24	96	77	38437	0.31169	2.498	524	5.45833	209802	3 372.333
	So u	16	64	44	21569	0.36364	2.967	197	3.07812	66392	481.859
		68	272	193	96097	—	—	851	3.36717	323575	4 977.746
Alle	Scha o	135	540	607	300906	—	—	961	1.96343	590807	2 469.026
Gemeinden	Scha u	51	204	94	48808	—	—	448	1.81630	88650	1 198.157
	So o	90	360	452	222338	—	—	2333	5.08474	1130530	28 406.614
	So u	25	100	81	38976	—	—	473	5.82456	227018	3 084.460
		301	1204	1234	611028	—	—	4215	3.33373	2037005	40 452.750

und Stichprobenfehler, Oberengadin 1951 *Tabelle 2.*

SQ innerhalb Stichproben	*SQ* Total	*DQ* zwischen Stichproben	*DQ* innerhalb = *V*	*U*	$V(\bar{y})$	*S. F.* $(\bar{y})$	*V.G.*$(\bar{y})$	$V(Y) \cdot 10^{-4}$
13	14	15	16	17	18	19	20	21
343.000	899.438	37.0959	7.1458	7.4875	0.497187	0.705115	20.70	106370
2 784.500	4 519.909	173.5409	84.3788	22.2905	3.520310	1.876249	15.58	241150
3 127.500	7 365.407	—	—	—	0.662489	0.813934	12.47	347520
44.500	75.333	6.1666	2.4722	0.9236	0.244722	0.494694	22.83	33248
1.750	2.917	0.5835	0.1944	0.0973	0.045377	0.213019	51.12	1018
46.250	102.750	—	—	—	0.127512	0.357088	21.50	34266
2.500	2.667	0.0835	0.2778	—0.0486	0.023139	0.152114	45.63	1426
0.750	0.917	0.0835	0.0833	0.0001	0.006965	0.083455	100.14	127
3 250	3.958	—	—	—	0.010567	0.102800	41.92	1553
0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	—	0
0.750	0.875	0.1250	0.1250	0.0000	0.015609	0.124935	99.95	93
0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	—	0
0.750	0.985	—	—	—	0.000226	0.015020	100.00	93
50.250	67.639	2.1736	1.8611	0.0781	0.059311	0.243538	35.07	8297
38.000	68.875	4.4107	1.5833	0 7068	0.129570	0.359959	44.30	21257
88.250	136.750	—	—	—	0.048694	0.220667	29.20	29554
19.500	23.800	1.0750	1.3000	—0.0562	0.064882	0.254718	28.30	781
149.250	214.950	16.4250	9.9500	1.6188	0.695478	0.833953	28.27	4345
4 823.250	17 940.554	1 009.0233	114.8393	223.5460	13.949745	3.734936	26.85	1 114538
331.750	1 872.250	770.2500	36.8611	183.3472	56.545033	7.519643	69.95	857418
5 323.750	23 481.435	—	—	—	5.592671	2.364883	25.16	1 977082
65.750	144.850	5.6500	1.4611	1.0472	0.070827	0.266134	25.35	3422
33.500	38.000	4.5000	5.5833	—0.2708	0.696657	0.834660	33.39	1378
136.250	386.306	31.2570	5.0463	6.5527	0.708178	0.841533	39.34	28259
95.750	131.875	36.1250	15.9583	5.0417	3.670018	1.915729	52.85	1835
331.250	768.062	—	—	—	0.147490	0.384044	21.97	34894
469.750	821.938	10.0625	4.3495	1.4282	0.031015	0.176111	11.96	855
63.000	123.000	5.0000	1.6154	0.8462	0.043062	0.207513	13.83	259
59.750	88.679	4.8215	2.8452	0.4941	0.149463	0.386604	34.92	1565
51.500	92.000	40.5000	8.5833	7.9792	3.462289	1.860723	28.63	1327
644.000	1 327.086	—	—	—	0.029982	0.173153	10.52	4006
239.750	754.837	20.6035	3.0737	4.3824	0.029312	0.171207	9.23	469
477.250	1 020.981	45.3109	12.2372	8.2684	0.232210	0.481882	10.75	357
333.500	453.750	40.0833	27.7917	3.0729	2.264435	1.504804	23.60	9059
1 013.500	1 255.500	242.0000	168.9167	18.2708	20.926689	4.574570	55.45	1691
2 064.000	4 121.800	—	—	—	0.204519	0.452238	12.12	11576
431.750	642.917	105.5835	47.9722	14.4028	8.568410	2.927185	44.46	780697
14.750	14.875	0.1250	2.4583	—0.5833	0.306849	0.553939	19.27	963
1 022.000	1 609.800	146.9500	68.1333	19.7042	5.820475	2.412566	18.70	21066
1 468.500	2 942.000	—	—	—	4.593594	2.143267	30.64	802726
171.000	269.429	7.5715	4.0714	0.8750	0.116797	0.341756	19.94	6181
57.500	93.357	2 7582	1.3690	0.3473	0.034677	0.186218	30.67	594
2 443.500	5 815.833	146.6232	33.9375	28.1714	1.160579	1.077302	19.74	171464
302.750	784.609	32.1239	6.3073	6.4542	0.354960	0.595786	19.36	16516
2 974.750	7 952.496	—	—	—	0.210894	0.459232	13.64	194753
1 837.750	4 306.776	—	—	—	0.104009	0.322505	16.43	941746
796.000	1 994.157	—	—	—	0.033536	0.183128	10.08	7989
11 643.250	40 049.864	—	—	—	0.325585	0.570601	11.22	1609503
1 795.250	4 879.710	—	—	—	5.784791	2.405159	41.29	878785
16 072.250	56 525.000	—	—	—	0.092084	0.303454	9.10	3438023

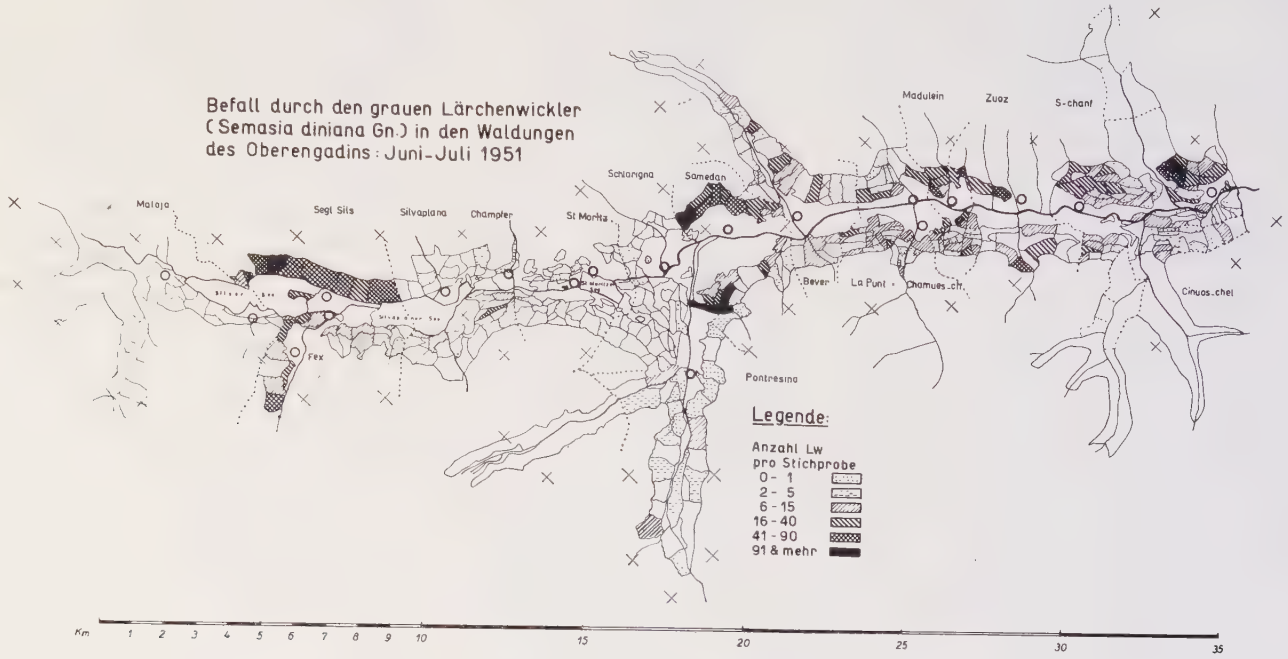

Fig. 2
Stärke des Befalls durch den Grauen Lärchenwickler im Oberengadin im Jahre 1951

Stichprobe aufgenommen worden, so hätte sich für dieses Teilgebiet ein anderer Durchschnittswert ergeben. Wenn die Stichprobenerhebung sorgfältig geplant und durchgeführt worden ist, können sich diese durchschnittlichen Befallswerte jeder anderen möglichen Auswahl von Stichprobeeinheiten vom tatsächlich festgestellten Durchschnittswert nicht beliebig stark unterscheiden, sondern zwischen den möglichen Werten und dem tatsächlich festgestellten Wert muß eine innere Beziehung bestehen, die durch den Stichprobenfehler charakterisiert wird, welcher angibt, wie stark jene möglichen Werte um den wirklich festgestellten streuen können.

Die Berechnung des Stichprobenfehlers für den durchschnittlichen Befall des ganzen Oberengadins muß wieder von der Berechnung der Stichprobenfehler für die durchschnittlichen Befallswerte der einzelnen Teilgebiete ausgehen. Als erstes sind wir genötigt, einerseits die Befallsunterschiede zwischen den Stichprobeorten und anderseits zwischen den Einzelbäumen innerhalb der Stichprobeorte in ihrer Beziehung zu den Abweichungen der Befallswerte der Probebäume vom durchschnittlichen Befall des Teilgebietes etwas zu studieren. Es geschieht dies am besten in einer sogenannten „Streuungszerlegung".

Zerlegung der Streuung in den einzelnen Teilgebieten

Um das Vorgehen an einem Beispiel zu erläutern, nehmen wir die Befallswerte des Teilgebietes Sils, Schattenseite über 1800 m ü. M., mit $n' = 16$ Stichprobeorten zu je $n'' = 4$ Probebäumen. Die Summe der Quadrate der Abweichungen der Befallswerte der Einzelbäume vom durchschnittlichen Befall dieses Teilgebietes $y = Sy/n = 218/64 = 3.40625$ läßt sich schreiben

$$S(y - \bar{y})^2 = Sy^2 - \bar{y}\,(Sy) = Sy^2 - \frac{(Sy)^2}{n}$$

oder wenn man die Befallswerte gemäß Tabelle 3 einsetzt,

$$\begin{aligned}(0^2 + 0^2 + 4^2 + 7^2) + \ldots + (19^2 + 9^2 + 17^2 + 9^2) - 218^2/64 \\ = 65 + \ldots + 812 - 218^2/64 \\ = 1642 - 742.5625 = 899.4375,\end{aligned}$$

mit $64-1 = 63$ Freiheitsgraden, da aus den 64 Einzelwerten der Durchschnitt $\bar{y}$ bestimmt wurde und die 64 Abweichungen $y - \bar{y}$ daher nicht mehr linear unabhängig sind, sondern die algebraische Summe Null ergeben. Die Summe der Quadrate der Abweichungen vom allgemeinen Durchschnitt läßt sich in naheliegender Weise aufteilen in die Summe der Quadrate der Abweichungen der Befallswerte der Einzelbäume von den jeweiligen durchschnittlichen Befallswerten der Stichprobeorte und die Summe der Quadrate der Abweichungen zwischen den Stichprobeorten. Für die erstere hat man nach Tabelle 3

$$\begin{aligned}\left(0^2 + 0^2 + 4^2 + 7^2 - \frac{11^2}{4}\right) + \ldots + \left(19^2 + 9^2 + 17^2 + 9^2 - \frac{54^2}{4}\right) \\ = (65 - 30.25) + \ldots + (812 - 729) \\ = 34.75 + \ldots + 83 \\ = 1642 - 1299 = 343\end{aligned}$$

mit $16 \times (4-1) = 48$ Freiheitsgraden, da für jeden Stichprobeort die 4 Abweichungen vom jeweiligen Durchschnittsbefall sich zu Null ergänzen.

Für die Summe der Quadrate der Abweichungen zwischen den Stichprobeorten hat man

$$4\left\{\left(\frac{11}{4}-\frac{218}{64}\right)^2+\ldots+\left(\frac{54}{4}-\frac{218}{64}\right)^2\right\}=\frac{11^2}{4}+\ldots+\frac{54^2}{4}-\frac{218^2}{64}$$

$$=30.25+\ldots+729-742.5625=556.4375$$

mit 16—1 = 15 Freiheitsgraden, da die 16 Abweichungen, deren Quadrate in { } stehen, sich algebraisch wieder zu Null ergänzen, weil wir den Gesamtdurchschnitt aus den 16 Durchschnitten der Stichprobeorte berechnet haben. Der Faktor 4 vor { } deutet an, daß jede Abweichung des Durchschnittbefall eines Stichprobeortes viermal zu nehmen ist, weil in jedem Stichprobeort vier Probebäume vorkommen und alle Durchschnittswerte als Werte pro Baum zu denken sind.

Die durchgeführte Zerlegung der Summe der Quadrate pflegt man in einer Streuungszerlegung gemäß Tabelle 4 zusammenzufassen.

Diese Streuungszerlegung lehrt uns folgendes: Betrachtet man die Durchschnittsquadrate ($DQ = SQ/$ Freiheitsgrad), das heißt, die auf einen einzigen Freiheitsgrad bezogene Größe der Variabilität zwischen bzw. innerhalb der Stichprobeorte, so erkennt man, daß die relative Variabilität zwischen den Stichprobeorten wesentlich größer ist als diejenige zwischen den Einzelbäumen. Der Quotient $F = DQ_z/DQ_i = 37.0959/7.1458 = 5.191$ ist sehr stark gesichert, wie man einer Tabelle der F-Verteilung (z. B. LINDER, 1951) entnimmt, d. h. ein so großer Wert von F wird mit den Freiheitsgraden 15 und 48 z u f ä l l i g , ohne daß irgendwelche Unterschiede zwischen den Stichprobeorten vorhanden wären, nur höchst selten erreicht, nämlich nicht einmal in 1‰ aller Stichprobeentnahmen in Sils Schattenseite oben. Dies deutet auf einen stark unterschiedlichen Befall zwischen den Stichprobeorten des betrachteten Teilgebietes. Schon diese Feststellung erlaubt einen Einblick in die Befallsverhältnisse, der für den Biologen von Nutzen sein kann.

Berechnung der Komponenten der Streuung

Die Untersuchung der Variabilität in einem Teilgebiet läßt sich noch etwas weiter führen, derart, daß wir schließlich zur Schätzung des Stichprobenfehlers des durchschnittlichen Befalls dieses Teilgebietes gelangen. Zunächst dürfen wir das Durchschnittsquadrat DQ_i „zwischen den Bäumen" direkt gleich der Streuung zwischen den Bäumen setzen; dies ist so zu verstehen, daß wir, bis auf Stichprobenfehler, das Durchschnittsquadrat „zwischen den Bäumen" benutzen dürfen, um die Streuung V zwischen den Bäumen in der Grundgesamtheit zu schätzen. Ähnlich können wir untersuchen, von was das DQ_z zwischen den Stichprobeorten eine Schätzung darstellt. Betrachten wir die Summe der Quadrate der Abweichungen der Durchschnitte der Stichprobeorte vom Gesamtdurchschnitt des Teilgebietes, dividiert durch die Anzahl der Freiheitsgrade, also durch 15 (ohne den Faktor 4 vor der Klammer!):

$$\frac{1}{15}\left[\left(\frac{11}{4}-\frac{218}{64}\right)^2+\ldots+\left(\frac{54}{4}-\frac{218}{64}\right)^2\right]$$

Wenn keine wesentlichen Unterschiede im Befall zwischen den Stichprobeorten vorhanden wären, wäre dies nicht etwa Null, weil immer zufällige Unterschiede von der Größenordnung, wie sie zwischen den Bäumen auftreten, sich bemerkbar machen würden; und da es sich um die Durchschnitte der Befallswerte von Stichprobeorten zu je 4 Bäumen handelt, wäre der obige Ausdruck $V/n'' = V/4$. Nun haben wir aber oben gesehen, daß wesentliche Unterschiede zwischen den durchschnittlichen Befallswerten der Stichprobeorte vorhanden sind. Zur Streuung $V/4$ kommt daher noch eine Komponente U hinzu, welche ein Ausdruck für die innere Variabilität zwischen den Stichprobeorten oder vielmehr zwischen den Einheitsabteilungen in der Grundgesamtheit ist, der die Stichprobeorte als Stichprobe entnommen gedacht werden.

Es ist also $DQ_z/4$ eine Schätzung von $V/4 + U$ oder DQ_z eine Schätzung von $V + n''U$ resp. $V + 4U$. In unserem Beispiel ist für das Teilgebiet Sils Schattenseite oben,

$V = 7.1458,$
$U = (37.0959 - 7.1458)/4 = 7.4875,$

wobei also V die Schätzung der Streuung zwischen den Probebäumen innerhalb eines Stichprobeortes, U die Schätzung der

Tabelle 3. Befallswerte Sils, Schattenseite oben, 1951 ($n' = 16$)

Abteilung	2	3	4	6	9_I	9_{II}	10	11	15	16	17	18	19	21	22	23	Zusammen
Baum 1	0	6	4	2	1	0	2	5	2	7	4	0	1	8	1	19	
" 2	0	0	1	3	2	1	1	2	0	5	2	2	5	6	4	9	
" 3	4	4	0	1	0	1	0	0	1	2	4	6	3	1	4	17	
" 4	7	1	6	2	0	0	1	1	8	4	1	8	4	10	3	9	
Sy	11	11	11	8	3	2	4	8	11	18	11	16	13	25	12	54	218
Sy^2	65	53	53	18	5	2	6	30	69	94	37	104	51	201	42	812	1642
$(Sy)^2/4$	30.25	30.25	30.25	16	2.25	1	4	16	30.25	81	30.25	64	42.25	156.25	36	729	1299
$Sy^2 - (Sy)^2/4$ ...	34.75	22.75	22.75	2	2.75	1	2	14	38.75	13	6.75	40	8.75	44.75	6	83	343

Tabelle 4. Streuungszerlegung für Sils, Schattenseite oben

Art der Variabilität	*FG*	*SQ*	*DQ*	
Zwischen Stichprobeorten	15	1299 — 742.56 = 556.44	37.0959	$\sim V + 4U$ $U = 7.4875$
Zwischen Bäumen innerhalb Stichprobeorten	48	1642 — 1299 = 343	7.1458	$\sim V$ $V = 7.1485$
Insgesamt	63	1642 — 742.56 = 899.44	$F = 5.191^{***}$	

$\bar{y} = 3.40625$, $(Sy)\ \bar{y} = (Sy)^2/64 = 218^2/64 = 742.5625$

Streuung zwischen den durchschnittlichen Befallswerten der Stichprobeorte innerhalb eines Teilgebietes darstellt.

Die Streuungszerlegung und die Bestimmung der Streuungskomponenten U und V wie sie für Sils Schattenseite oben als Beispiel durchgeführt wurde, ist für jedes der 34 Teilgebiete nötig. Hierzu sind einige Bemerkungen am Platze: Grundsätzlich ist die Bestimmung der Streuungskomponenten U und V nur sinnvoll, wenn die DQ zwischen den Stichprobeorten und zwischen den Bäumen gesichert voneinander abweichen, sonst haben wir den Fall vor uns, daß $DQ_z/4$ nur eine Schätzung von $V/4$ ist, d. h. beide DQ liefern eine Schätzung von V, der Streuung zwischen den Probebäumen. Es kann zufällig vorkommen, daß DQ_z kleiner als DQ_i wird, in welchem Fall U negativ würde. Wenn jedoch der Fall eintreten sollte, daß U gesichert negativ wird, d. h. daß DQ_i gesichert größer ist als DQ_z, so kann, wie Yates, F. und Zacopanay, I. (1935) gezeigt haben, dies dadurch erklärt werden, daß die einzelnen Probebäume innerhalb eines Stichprobeortes miteinander in Wettbewerb treten, in dem Sinn z. B., daß ein großer Befallswert eines der vier Bäume kleine Befallswerte der andern drei Bäume zur Folge hat. Für den LW-Befall ist ein solcher Wettbewerb allerdings kaum anzunehmen und auftretende negative U-Werte erwiesen sich denn auch nicht als gesichert. Im Interesse eines einheitlichen und speditiven Rechnungsverfahrens wurde im folgenden auf die an und für sich nötige Neuberechnung von V verzichtet und U-Werte, die negativ ausfielen, Null gesetzt.

Der Stichprobenfehler für den Durchschnittsbefall eines Teilgebietes

Es ist übrigens darauf hinzuweisen, daß das mathematische Modell, das der Berechnung von U und V zugrunde liegt, nicht in jeder Beziehung adäquat ist, da es unendlich große Grundgesamtheiten voraussetzt, während wir es tatsächlich mit endlichen Grundgesamtheiten von maximal 20 Einheitsabteilungen innerhalb eines Teilgebietes und von ca. 500 Bäumen innerhalb eines Stichprobeortes zu tun haben. Die Verwendung von U und V in unsern weitern Rechnungen ist aber berechtigt, wenn wir annehmen, daß die endlich vielen Einheitsabteilungen eines Teilgebietes bzw. die endlich vielen Bäume eines Stichprobeortes ihrerseits Stichproben aus einer unendlichen Grundgesamtheit von Einheitsabteilungen bzw. einer unendlichen Grundgesamtheit von Bäumen sind, wobei selbstverständlich anzunehmen ist, daß diese Grundgesamtheiten entsprechend den variierenden Werten von U und V von Teilgebiet zu Teilgebiet verschiedene Eigenschaften aufweisen.

Die Vorstellung, die der Einführung der Streuungskomponenten U und V zugrunde liegt, ist eigentlich die, daß der Befall in jedem Punkt bzw. auf jedem Baum eines Teilgebietes sich additiv zusammensetzt aus zwei voneinander unabhängigen Anteilen u und v, deren erster von Einheitsabteilung zu Einheitsabteilung variiert mit der Streuung U, während er innerhalb einer Einheitsabteilung konstant ist, und deren zweiter nur innerhalb der Einheitsabteilung von Baum zu Baum variiert, in jeder Einheitsabteilung aber gleichartig mit der Streuung V. Der Befall in der h-ten Einheitsabteilung ($h = 1, \ldots, n', n'+1, \ldots, N'$) und auf dem k-ten Baum des ganzen Teilgebietes ($k = 1, \ldots, n = n'n'', n+1, \ldots, N$), wo n' die Anzahl Einheitsabteilungen in der Stichprobe, N' diejenige im ganzen Teilgebiet, n die Anzahl Probebäume

in den n' Stichprobeorten und N die Gesamtzahl Bäume in den N' Einheitsabteilungen darstellt, kann demnach in der Form $u_h + v_k$ geschrieben werden.

Die Schätzung des durchschnittlichen Befalls eines Teilgebietes auf Grund einer Stichprobe von n' Einheitsabteilungen zu je n'' Bäumen ($n = n'n''$) läßt sich nun schreiben in der Form

$$\frac{u_1 + \ldots + u_{n'}}{n'} + \frac{v_1 + \ldots + v_n}{n}.$$

Diese Schätzung mittels einer Stichprobe stellen wir an, um eine Vorstellung zu erhalten über den durchschnittlichen Befall in der ganzen endlichen Grundgesamtheit von N' Einheitsabteilungen und N Bäumen eines Teilgebietes, und dieser durchschnittliche Befall in der endlichen Grundgesamtheit wäre, wenn wir die Befallswerte in allen Einheitsabteilungen und auf allen Bäumen kennten,

$$\frac{u_1 + \ldots + u_{n'} + u_{n'+1} + \ldots + u_{N'}}{N'} + \frac{v_1 + \ldots + v_n + v_{n+1} + \ldots + v_N}{N}.$$

Wenn wir nun wissen wollen, welches die Streuung des durchschnittlichen Befalls einer Stichprobe ist, so müssen wir die Streuung der Abweichung des durchschnittlichen Befalls der Stichprobe vom durchschnittlichen Befall in der endlichen Grundgesamtheit betrachten, d. h. wir müssen die Streuung betrachten von

$$\left\{\left(\frac{1}{n'} - \frac{1}{N'}\right)(u_1 + \ldots + u_{n'}) - \frac{1}{N'}(u_{n'+1} + \ldots + u_N)\right\} + \left\{\left(\frac{1}{n} - \frac{1}{N}\right)(v_1 + \ldots + v_n) - \frac{1}{N}(v_{n+1} + \ldots + v_N)\right\} \qquad (*)$$

Beachtet man nun, daß die Anteile u_h resp. v_k unter sich und voneinander unabhängig sind und jeder die Streuungen U bzw. V besitzt, berücksichtigt man ferner, daß die Streuung von au und bv, wo a und b Konstanten sind, $a^2\,U$ resp. $b^2\,V$ beträgt, so erhält man als Streuung von (*)

$$\left\{n'\left(\frac{1}{n'} - \frac{1}{N'}\right)^2 + (N' - n') \cdot \frac{1}{N'^2}\right\} U + \left\{n\left(\frac{1}{n} - \frac{1}{N}\right)^2 + (N - n) \cdot \frac{1}{N^2}\right\} V$$

was vereinfacht

$$\left(1 - \frac{n'}{N'}\right)\frac{U}{n'} + \left(1 - \frac{n}{N}\right)\frac{V}{n} \quad \text{oder} \quad (1 - f')\frac{U}{n'} + (1 - f)\frac{V}{n}$$

ergibt, wo die Stichprobenquoten $f' = n'/N'$ bzw. $f = n/N$ angeben, wie viele Einheitsabteilungen n' von der Gesamtzahl N' und wie viele Bäume n insgesamt von einer Gesamtzahl N des Teilgebietes in die Stichprobe aufgenommen wurden. Die Faktoren $(1 - f')$ und $(1 - f)$ sind es, die dem Umstand Rechnung tragen, daß wir unsere Einheitsabteilungen und die Bäume aus einer endlichen Grundgesamtheit ausgelesen haben.

Die Werte von U und V für jedes der Teilgebiete sind in Spalte 16 und 17 von Tabelle 2 zusammengestellt, die Werte von f' und f in Spalte 7 und 8, und schließlich die Streuung $V(\overline{y})$ (V = Abkürzung für variance = Streuung in der angelsächsischen Terminologie) des durchschnittlichen Befalls für jedes

der Teilgebiete in Spalte 18. Der Stichprobenfehler des durchschnittlichen Befalls, d. h. die Quadratwurzel aus $V(y)$ ist in Spalte 19 enthalten. Für Sils Schattenseite oben ist demnach der durchschnittliche Befall 3.406 $\pm$ 0.705 LW pro Baum resp. pro definierte Zweigmasse. Die Variationsgröße oder der relative Stichprobenfehler in Spalte 20, welcher für die Beurteilung der Genauigkeit des Stichprobenverfahrens eher noch wichtiger ist als der Stichprobenfehler selber, ist der Quotient $SF(\bar{y})/\bar{y}$ aus Stichprobenfehler und durchschnittlichem Befall und beträgt für Sils Schattenseite oben 0.70512/3.40625 = 20.7 %.

Stichprobenfehler für den Durchschnittsbefall des ganzen Oberengadins

Das Verfahren der Schätzung des durchschnittlichen Befalls in den einzelnen Gemeinden, in den Höhengürteln und Talseiten und im ganzen Oberengadin muß auch für die Bestimmung des zugehörigen Stichprobenfehlers maßgebend sein, d. h. ähnlich wie wir die durchschnittlichen Befallswerte in den Teilgebieten mit den Gesamtstammzahlen dieser Teilgebiete gewichteten, müssen wir die Stichproben-Streuungen $V(\bar{y})$ für die einzelnen Teilgebiete mit den Quadraten der Stammzahlen gewichten. Bedeutet demnach S Summation über die Teilgebiete, aus denen sich ein größeres Gebiet, wie eine Gemeinde, ein Höhengürtel etc. zusammensetzt, so bekommen wir den durchschnittlichen Befall $\bar{y}$ in diesem umfassenderen Gebiet aus den Befallswerten und Stammzahlen der Teilgebiete nach der Beziehung

$$(\underset{i}{S} N_i)\,\bar{y} = \underset{i}{S}\, Y_i = \underset{i}{S}\, N_i\,\bar{y}_i\,.$$

Gehen wir zu den Streuungen (V) über, so ergibt sich, da wir wieder die Beziehung $V(a\bar{y}) = a^2 V(\bar{y})$, a konstant, benützen können,

$$(\underset{i}{S} N_i)^2\; V(\bar{y}) = \underset{i}{S}\; V(Y_i) = \underset{i}{S}\; N_i^2\; V(y_i)$$

woraus

$$V(y) = \underset{i}{S}\, N_i^2 V(\bar{y}_i)/(\underset{i}{S} N_i)^2$$

oder

$$S.F.\,(\bar{y}) = \sqrt{\underset{i}{S} N_i^2\; V(y_i)}/(\underset{i}{S} N_i).$$

Als Gewichte treten also die Quadrate der Stammzahlen in den einzelnen Teilgebieten auf. Dabei ist vorausgesetzt, daß die Befallswerte in den Teilgebieten voneinander unabhängig sind, eine Annahme, auf die schon die Einführung der Schichtung in 34 Teilgebiete hinausläuft; nur wenn die Befallswerte in den einzelnen Teilgebieten stochastisch unabhängig sind, kann man die Stichprobenstreuung der durchschnittlichen Befallswerte in den einzelnen Teilgebieten, passend gewichtet, einfach zueinander addieren, ohne irgendwelche Terme, die einer allfälligen Abhängigkeit der Variabeln Rechnung tragen, berücksichtigen zu müssen.

In Tabelle 2 wurden in Spalte 21 die Streuungen der gewichteten durchschnittlichen Befallswerte der Teilgebiete, $V\,(Y_i) = N_i^2\; V(\bar{y}_i)$ eingetragen. Dies erlaubt, die Werte in Spalte 21 direkt zu addieren. Für Sils z. B. erhält man $\underset{i}{S} V(Y_i) = 347'520 \times 10^4$. Dividiert man dies durch $(72'427)^2$, so erhält

man die Streuung 0.662489 = $(0.814)^2$ des durchschnittlichen Befalls 6.528 in Sils. Das Ergebnis 6.528 $\pm$ 0.814 LW pro definierte Zweigmasse am Einzelbaum für Sils sagt also aus, daß der wirkliche Befallswert, den wir mit unserer Stichprobe ja nur schätzen konnten, mit großer Wahrscheinlichkeit zwischen den Werten 5.714 und 7.342 LW liegt. Ähnlich ergibt sich für das ganze Oberengadin der durchschnittliche Befall von *Eucosma griseana* im Jahre 1951 zu 3.334 $\pm$ 0.303.

Die Angabe der Standardfehler der durchschnittlichen Befallswerte in den Gemeinden, Höhenlagen, etc. erlaubt es z. B. festzustellen, ob gesicherte Befallsunterschiede etwa zwischen zwei bestimmten Gemeinden oder zwischen den Höhenlagen oder den Talseiten vorhanden sind; ebenso können Fragen beurteilt werden wie diejenige, ob die Befallsunterschiede zwischen den beiden Talseiten für die beiden Höhenlagen verschieden sind. Jedoch soll hier nicht näher auf derartige Folgerungen eingegangen werden, da wir in anderem Zusammenhang auf ähnliche Fragestellungen zurückkommen werden.

4. Diskussion des Stichprobenplanes. Wirkungsgrad

a) Allgemeine Bemerkungen zum Wirkungsgrad einer Stichprobenerhebung

Für das Jahr 1951 läßt sich der Aufbau des Stichprobenplanes im Oberengadin wie folgt skizzieren. Der Plan umfaßt 301 Stichprobeorte zu je 4 Bäumen, die in 34 Teilgebieten nach den 11 Gemeinden, den 2 Talseiten und den 2 Höhengürteln geschichtet sind. Das Gerüst des Planes, d. h. die Struktur, nach welcher die Einzelbäume zu Stichproben zusammengefaßt und die Stichproben nach Teilgebieten geschichtet werden, ergibt sich mehr oder weniger zwangsläufig aus dem Bedürfnis nach einer ersten rohen Gliederung des Gebietes nach ökologischen Gesichtspunkten und aus der Anforderung, daß der Plan zudem administrativ wirksam sei. Erst nach Festlegung der allgemeinen Struktur kann an die Bestimmung des Umfanges der Erhebung, d. h. der Zahl der Stichproben im ganzen und in den einzelnen Teilgebieten und der Zahl der Bäume pro Stichprobe gegangen werden, wobei nun hauptsächlich der Grundsatz, daß der Plan statistisch wirksam sei, in den Vordergrund tritt. Den Einfluß des letztern Faktors am Zustandekommen des Stichprobenplanes konnten wir bisher nicht in allen Einzelheiten untersuchen, da wir vorerst einmal den Stichprobenplan für 1951 lediglich so übernahmen, wie er sich auf Grund der Ergebnisse von 1950 als der für die Stichprobenerhebung von 1951 voraussichtlich günstigste ergab. In diesem Kapitel sollen nun die Grundsätze, deren Anwendung zu einem möglichst wirksamen Stichprobenplan führt, etwas eingehender dargelegt und die Entwicklung des neuen Stichprobenplanes für das Jahr 1952 auf Grund dieser Überlegungen und der Ergebnisse von 1951 dargestellt werden.

b) Einfluß der Schichtung auf die Größe des Stichprobenfehlers des Durchschnittbefalls im ganzen Oberengadin

Zunächst einige allgemeine Erwägungen. Wurde bisher die Einführung der Schichtung mit der Notwendigkeit administrativ zweckmäßiger und der

Wünschbarkeit ökologisch einheitlicher Teilgebiete begründet, so gibt es auch statistischerseits gewichtige Gründe, eine Schichtung einzuführen. Durch Unterteilung des Untersuchungsgebietes in Teilgebiete werden nämlich Befallsunterschiede z w i s c h e n den Teilgebieten zum vornherein ausgeschaltet und bleiben bei der Berechnung des Stichprobenfehlers für den Durchschnittsbefall über das ganze Untersuchungsgebiet ohne Einfluß. Bei einer Schichtung des Untersuchungsgebietes wird im wesentlichen der Stichprobenfehler für jedes einzelne Teilgebiet berechnet und erst nachträglich über alle Teilgebiete gemittelt, wie dies aus der Formel (s. letzten Abschnitt des vorangehenden Kapitels)

$$V(\bar{y}) = S(N_i)^2 V(\bar{y}_i)/(SN_i)^2 \tag{1}$$

für das Quadrat des Stichprobenfehlers des Gesamtdurchschnittes y hervorgeht. Zum vornherein ist also bei günstiger Wahl der Teilgebiete, d. h. wenn sie so gewählt werden, daß die einzelnen Teilgebiete relativ einheitlich ausfallen, während die großen Befallsunterschiede z w i s c h e n den Teilgebieten auftreten, eine Reduktion des Stichprobenfehlers gegenüber einem Plan ohne Schichtung zu erwarten.

Ein Maß für die Wirksamkeit der Schichtung ergibt sich offenbar, wenn man den Stichprobenfehler des Durchschnittbefalls auf Grund derselben Daten einerseits ohne und anderseits mit Schichtung berechnet und den Quotienten der beiden Größen bildet. Die Größen, welche die Daten kennzeichnen, sind die durchschnittlichen Befallswerte $\bar{y}_i$ in den einzelnen Teilgebieten, die Streuungskomponenten U_i und V_i zwischen und innerhalb der Stichprobeorte bzw. Einheitsabteilungen eines Teilgebietes i und der Umfang der Stichprobe, der durch die Anzahl n_i' von Stichprobeorten und die Anzahl $n_i = n_i' n''$ von Probebäumen in Teilgebiet i bezeichnet wird. Es entfallen also auf jedes Teilgebiet, das in die Stichprobe gelangt, n'', im vorliegenden Falle 4, Bäume und es ist $Sn_i' = n' = 301$ und $Sn_i = n = 1204$. Die Größe von Teilgebiet i ist bestimmt durch die Anzahl N_i' der Einheitsabteilungen und die Zahl N_i der Bäume, die es enthält. Die der Größe n'' entsprechende Größe N'' entfällt hier, da wir sie nicht benötigen werden; sie beträgt ca. 500, d. h. eine Einheitsabteilung enthält ca. 500 Bäume. Ferner haben wir $SN_i' = N' = 1234$ und $SN_i = N = 611028$. Wir werden häufig

$$N_i/N = N_{i/}(SN_i) = W_i$$

setzen. Mit diesen Festsetzungen ergibt sich für den durchschnittlichen LW-Befall im ganzen Oberengadin

$$\bar{y} = SN_i \bar{y}_i/SN_i = SW_i \bar{y}_i, \tag{2}$$

während das zugehörige Quadrat des Stichprobenfehlers mit Schichtung lautet

$$V(\bar{y}) = SW_i^2 V(\bar{y}_i) \tag{3}$$

wobei

$$V(\bar{y}_i) = \frac{N_i' - n_i'}{N_i'} \frac{U_i}{n_i'} + \frac{N_i - n_i}{N_i} \frac{V_i}{n_i}, \tag{4}$$

was sich wie früher als

$$V(\bar{y}_i) = (1 - f_i') \frac{U_i}{n_i'} + (1 - f_i) \frac{V_i}{n_i} \tag{5}$$

oder auch als

$$V(\bar{y}_i) = \left(\frac{1}{n_i'} - \frac{1}{N_i'}\right) U_i + \left(\frac{1}{n_i} - \frac{1}{N_i}\right) V_i \tag{6}$$

schreiben läßt. Unter den Bedingungen, wie sie bei der Erhebung im Oberengadin im Jahre 1951 bestanden, ergab sich der Wert $V_I = 0.092084 = (0.303454)^2$ als Maß für den zum Gesamtdurchschnittsbefall $\bar{y} = 3.33373$ LW pro Einheitszweigmasse gehörigen Stichprobenfehler.

Das Quadrat des Stichprobenfehlers des Durchschnittbefalls ohne Schichtung ist nun offenbar derjenige Wert V_{III}, den man hätte erwarten können, wenn die Erhebung ohne jede Einführung einer Schichtung bzw. einer Aufteilung in Teilgebiete unter sonst gleichen Bedingungen vorgenommen worden wäre. An die Stelle der 34 Teilgebiete tritt nun ein einziges „Teilgebiet", nämlich das ganze Oberengadin und für das Quadrat des Stichprobenfehlers erhält man analog zu (4)

$$V(\bar{y}) = \frac{N' - n'}{N'} \frac{U}{n'} + \frac{N - n}{N} \frac{V}{n}, \tag{7}$$

indem nun die Gesamtzahlen n', N' von Einheitsabteilungen und n, N von Bäumen anstelle der entsprechenden Werte n_i', N_i' bzw. n_i, N_i im Teilgebiet i treten. In der Tat ist (4) nichts anderes als das Quadrat des Stichprobenfehlers für eine zufällige 2-stufige Stichprobe für ein Teilgebiet und die entsprechende Beziehung muß gelten, wenn man eine zufällig entnommene 2-stufige Stichprobe im ganzen Untersuchungsgebiet statt nur in einem Teilgebiet betrachtet, sofern man nur die Größen n_i', N_i', U_i etc. durch die entsprechenden Größen für das ganze Gebiet ersetzt. $\bar{y}$ ist selbstverständlich gleich $SW_i \bar{y}_i$ und es wäre naheliegend, U, die Grundgesamtheitsstreuung zwischen den durchschnittlichen Befallswerten der Einheitsabteilungen im ganzen Oberengadin, durch $SW_i U_i$, und V, die Grundgesamtheitsstreuung innerhalb der Stichprobeorte für das ganze Gebiet, durch $SW_i V_i$ zu schätzen. Während es richtig ist, $V = SW_i V_i$ zu setzen, ist zu beachten, daß bei Auflösung der Schichtgrenzen zu $SW_i U_i$ noch ein Anteil hinzutritt, der den Abweichungen der durchschnittlichen Befallswerte in den einzelnen Teilgebieten vom gewogenen Durchschnittsbefall über das ganze Gebiet entspricht; sind also $\bar{y}_1, \ldots, \bar{y}_{34}$ die Durchschnittbefallswerte in den 34 Teilgebieten, $W_1, \ldots, W_{34}$ die zugehörigen Gewichte ($W_i = N_i/N$) und $\bar{y} = SW_i \bar{y}_i$ der gewogene Durchschnittsbefall über das ganze Oberengadin, so ist jener Anteil

$$\begin{aligned} SW_i (\bar{y}_i - \bar{y})^2 &= SW_i \bar{y}_i^2 - 2\bar{y} SW_i \bar{y}_i + \bar{y}^2 SW_i \\ &= SW_i \bar{y}_i^2 - 2\bar{y} \cdot \bar{y} + \bar{y}^2 \cdot 1 \\ &= SW_i \bar{y}_i^2 - \bar{y}^2. \end{aligned} \tag{8}$$

Aber auch damit ist U noch nicht vollständig: Die Stichprobenfehler, mit denen die $\bar{y}_i$ ihrerseits behaftet sind, liefern einen weitern, negativ zu nehmenden Beitrag

$$SW_i (1 - W_i) \frac{n'' U_i + V_i}{n_i}, \tag{9}$$

so daß die Streuungskomponente U „zwischen Stichprobeorten im ganzen Untersuchungsgebiet", entsprechend der Streuung zwischen den durchschnittlichen Befallswerten pro Stichprobeort im ganzen Oberengadin, nun lautet (Yates 1949, Sukhatme 1950)

$$U = SW_i U_i - SW_i (1 - W_i) \frac{n'' U_i + V_i}{n_i} + SW_i \bar{y}_i^2 - \bar{y}^2, \tag{10}$$

und schließlich noch

$$V = SW_i V_i. \tag{11}$$

Setzt man U und V nach (10) und (11) in (7) ein, so erhält man das Quadrat des Stichprobenfehlers für den Durchschnittsbefall, das sich bei zufälliger Entnahme der 301 Stichprobeorte im ganzen Oberengadin bei denselben Beobachtungsdaten ergeben hätte.

Zum Beispiel ist für Sils, Schattenseite oben (vergl. Tabelle 2) $U_i = 7.4875$, $V_i = 7.1458$, $W_i = N_i/N = 46254/611028 = 0.075699$, $n_i = 64$, $n'' = 4$, $\bar{y}_i - \bar{y} = 3.40625 - 3.33372 = 0.07253$. Der Beitrag von Sils, Schattenseite oben, zu U wird daher

$$0.075699 \times 7.4875 - 0.075699 \times 0.924301 \times \frac{4 \times 7.4875 + 7.1458}{64}$$

$$+ 0.075699 \times (0.07253)^2$$
$$= 0.5667963 - 0.0405554 + 0.0003982$$
$$= 0.526639,$$

während der entsprechende Beitrag zu V

$$W_i V_i = 0.075699 \times 7.1458$$
$$= 0.540930$$

beträgt. Summiert man die Beiträge aller 34 Teilgebiete, so erhält man schließlich

$$U = 31.317756, \quad V = 17.562124.$$

Da $(N' - n')/N' = (1234 - 301)/1234 = 0.756078$

und $(N - n)/N = (611028 - 1204)/611028 = 0.998030,$

so ergibt sich nach (7) für V_{III}

$$V_{III} = 0.756078 \times \frac{31.317756}{301} + 0.998030 \times \frac{17.562124}{1204}$$
$$= 0.078667 + 0.014557$$
$$= 0.093224$$

gegenüber dem ursprünglichen, einer Stichprobenentnahme mit Schichtung entsprechenden Quadrat des Stichprobenfehlers

$$V_I = 0.092084.$$

Der Informationsgewinn durch Schichtung beträgt demnach $(V_{III}/V_I - 1) \times 100\% = (0.093224/0.092084 - 1) \times 100 = (1.0124 - 1) \times 100 = 1.24\%$. Auf die Diskussion dieses Ergebnisses soll erst später eingetreten werden, wenn noch weitere Ergebnisse zum Vergleich herangezogen werden können.

c) Die Größe des Stichprobenfehlers mit Gemeinden als Schichten

Man kann das Verfahren von Abschnitt 4 b mit entsprechenden Abänderungen dazu benützen, den Stichprobenfehler zu berechnen unter der Annahme, daß nur die Gemeindegebiete als Schichten beibehalten werden und Teilgebietsgrenzen innerhalb der Gemeinden bei der Auswahl der Stichproben ignoriert werden. Obwohl man, nach dem letzten Ergebnis von 4 b, von einem solchen Vorgehen in numerischer Hinsicht nicht sehr viel Aufschluß erwarten darf, ist es doch von Interesse zu untersuchen, ob die Unterteilung der Gemeinden nach Höhenlagen und Talseiten, die ja im Gegensatz zur Aufteilung nach den Gemeinden in erster Linie er-

folgte, um vermutete Unterschiede der Ökologie zur Geltung zu bringen, sich als wirksam erwiesen hat. Um die Streuungskomponenten U zwischen Stichprobeorten bzw. Einheitsabteilungen einer Gemeinde, und V innerhalb der Einheitsabteilungen dieser Gemeinde zu bestimmen, kann man, mit den passenden Ersetzungen, wieder die Formeln (10) und (11) von 4 b anwenden. Die Summe S erstreckt sich dabei nur auf die Teilgebiete der betrachteten Gemeinde, W_i bedeutet jetzt den Anteil Lärchen des Teilgebietes i an der Gesamtzahl der Lärchen der betreffenden Gemeinde, und für $\bar{y}$ hat man den Durchschnittsbefall aller Teilgebiete der Gemeinde zu nehmen. Für Sils z. B., welches zwei Teilgebiete, Schattenseite und Sonnenseite, beide oberhalb 1800 m ü. M., aufweist, sind die betreffenden Stammzahlen (s. Tabelle 2) $N_1 = 46254$ und $N_2 = 26173$, zusammen $N = 72427$, woraus sich $W_1 = 46254/72427 = 0.638629$, $W_2 = 26173/72427 = 0.361371$ ergibt. Die entsprechenden durchschnittlichen Befallswerte sind $\bar{y}_1 = 3.40625$ und $\bar{y}_2 = 12.04545$, so daß $\bar{y}$ in Formel (10)

$$\bar{y} = SW_i\,\bar{y}_i = 0.638629 \times 3.40625 + 0.361371 \times 12.04545 = 6.52821$$

beträgt. Formel (10) von 4b liefert demnach für die Streuungskomponente zwischen den Einheitsabteilungen in der Gemeinde Sils

$$\begin{aligned} SW_i\,U_i &= 0.638629 \times 7.4875 + 0.361371 \times 22.2905 = 12.836875 \\ SW_i\,(1 - W_i)\,(n''\,U_i + V_i)/n_i & \\ &= 0.638629 \times 0.361371 \times (4 \times 7.4875 + 7.1458)/64 \\ &\quad + 0.361371 \times 638629 \times (4 \times 22.2905 + 84.3788)/44 \\ &= 1.043997 \\ SW_i\,\bar{y}_i^2 - \bar{y}^2 & \\ &= 0.638629 \times (3.40625)^2 + 0.361371 \times (12.04545)^2 - (6.52821)^2 \\ &= 17.224594, \end{aligned}$$

also schließlich

$$U_{Sils} = 12.836875 - 1.043997 + 17.224594 = 29.017472,$$

ähnlich

$$V_{Sils} = 0.638629 \times 7.1458 + 0.361371 \times 84.3788 = 35.055566.$$

Das Quadrat des Stichprobenfehlers des Durchschnittbefalls $\bar{y}_{Sils} = 6.52821$ LW pro Baum bei zufälliger Entnahme der Stichprobeorte innerhalb der Gemeinde statt innerhalb der Teilgebiete ist durch Formel (7) von 4b gegeben, wobei nur die auf das ganze Oberengadin sich beziehenden Werte N', n', N, n durch die entsprechenden Größen für die Gemeinde Sils zu ersetzen sind: also nach Tabelle 2, Spalte 3—6,

$$N' = 144,\ n' = 27,\ N = 72427,\ n = 108$$

$$\frac{N' - n'}{N'} = \frac{144 - 27}{144} = 0.812500,\quad \frac{N - n}{N} = \frac{72427 - 108}{72427} = 0.998509.$$

Schließlich wird $V\,(\bar{y}_{Sils})$ ohne Schichtung innerhalb der Gemeinde

$$= 0.812500 \times \frac{29.017472}{27} + 0.998509 \times \frac{35.055566}{108} = 1.197316.$$

Aus Tabelle 2, Spalte 8, ersehen wir, daß $V\,(\bar{y}_{Sils})$ mit Schichtung innerhalb der Gemeinde $= 0.662489$.

Der Quotient 1.197316/0.662489 = 1.8073 der beiden $V(\overline{y}_{Sils})$ zeigt, daß man, gegenüber einer Unterteilung des Gemeindegebietes in die zwei Teilgebiete, bei zufälliger Auslese der Stichprobeorte in der ganzen Gemeinde Sils für den Durchschnittsbefall ein um 80% größeres Quadrat des Stichprobenfehlers erhalten hätte. Bei gleichem Umfang der Beobachtungen haben wir also durch die Schichtung innerhalb Sils eine um 80% größere Information erhalten. Leider liegen die Verhältnisse nicht in allen Gemeinden so günstig: es kann der Fall eintreten, daß die beiden Werte $V(\overline{y})$ sich nur wenig oder sogar in der entgegengesetzten Richtung unterscheiden, so daß die Schichtung im Vergleich zu einer zufälligen Entnahme der Stichprobe sich nur wenig günstiger oder selbst als ungünstiger erweist. Es ist im Einzelfall nicht immer leicht, die Ursachen für diese Erscheinung zu ergründen, da ein solches Ergebnis von zu vielen Faktoren wie Größe und Befallsstärke der Teilgebiete, relativem Umfang der Stichproben und Streuungskomponenten U und V abhängt, um seiner Entstehung nach leicht übersehbar zu sein.

Wünscht man die Quadrate der Stichprobenfehler der Durchschnittbefallswerte der einzelnen Gemeinden bei zufälliger Entnahme der Stichprobeorte innerhalb der Gemeinden zu einem Stichprobenfehler für den Durchschnittsbefall im ganzen Oberengadin zu kombinieren, so kann man offenbar Formel (3) auf die Schichtung des ganzen Untersuchungsgebietes nach den 11 Gemeinden anwenden. Die Gewichte W_i, die man dabei sinngemäß zu verwenden hat, sind die Verhältnisse der Stammzahlen in den Gemeinden zur Gesamtstammzahl im Oberengadin, für Sils z. B. also

$$W_i = (46254 + 26173)/611028 = 72427/611028 = 0.118533$$
$$= 0.075699 + 0.042834.$$

(Letzteres sind die Gewichte, die man bei einer Schichtung in 34 Teilgebiete benützt.) W_i^2 für Sils ist 0.014050. Für den durchschnittlichen Befall $\overline{y} = 3.33373$ über das ganze Oberengadin erhält man schließlich als zugehöriges Quadrat des Stichprobenfehlers, wenn nur eine Schichtung nach Gemeinden betrachtet wird, während die Stichprobeorte innerhalb der Gemeinden ganz zufällig ausgelesen werden, den Wert

$$V_{II} = 0.085620.$$

Die Ergebnisse können wir wie folgt zusammenstellen:

$$V_I : V_{II} : V_{III} = 0.092084 : 0.085620 : 0.093225$$
$$= 1.0000 \quad : 0.9298 \quad : 1.0124.$$

Gegenüber einer rein zufälligen Entnahme der 301 Stichprobeorte im ganzen Oberengadin resultiert also die Verwendung der Schichtung in 34 Teilgebiete in einem leichten Informationsgewinn von 1%, während sie sich gegenüber der Schichtung in die 11 Teilgebiete der Gemeinden als unvorteilhafter erweist, da wir für diese sogar eine Abnahme des Stichprobenfehlers feststellen. Vergleicht man andrerseits die Stichprobenfehler bei Schichtung in 34 bzw. 11 Teilgebiete mit dem Stichprobenfehler ohne jede Schichtung, so ergibt die erstere wieder einen Informationsgewinn von 1%, während die zweite entsprechend dem Quotienten 0.093225/0.085620 = 1.0888 einen solchen von 9% ergibt. Prinzipiell hätte man eher die entgegengesetzte Situation erwartet, indem bei zunehmender Auflösung der Schicht-

grenzen und größerer Freiheit in der Auswahl der Stichprobeeinheiten der Stichprobenfehler eher hätte zunehmen sollen. Wenn man diese Feststellungen interpretieren will, so ist zunächst zu beachten, daß der Gewinn an Information selber eine Funktion der Streuungskomponenten U_i und V_i und der durchschnittlichen Befallswerte y_i in den einzelnen Teilgebieten ist und daher wie diese an sich mit einem Stichprobenfehler behaftet ist. Es ist allerdings kaum möglich, diesen Stichprobenfehler zu berechnen. Alles in allem muß man aber wohl schließen, daß das Verfahren der Schichtung im vorliegenden Fall nicht im erhofften Maß zur Reduktion des Stichprobenfehlers geführt hat. Der Grund hierfür dürfte allerdings weniger in der Tatsache der Schichtung als solcher zu suchen sein, die sich ja kaum nachteilig auswirken kann. Es ist auch zu beachten, daß der verwendete Stichprobenplan auf der Forderung minimaler Kosten bei vorgegebenem Stichprobenfehler über alle 34 Teilgebiete des Oberengadins beruht, und es ist kaum daran zu zweifeln, daß bei einem Verzicht auf jede Schichtung die Organisation der Erhebung weniger einfach und die Kosten der Durchführung der Aktion höher als in Wirklichkeit gewesen wären. Ferner hätte man sich bei Verzicht auf die Schichtung, ohne irgendeinen anderen Vorteil einzutauschen, eines wertvollen Hilfsmittels zur Erfassung des Einflusses ökologischer Faktoren wie Höhenlage und Talseiten, bzw. Talabschnitte begeben.

d) Der Stichprobenfehler bei Zuteilung der Stichproben proportional zur Größe eines Teilgebietes

Bereits in einem früheren Kapitel ist angedeutet worden, wie der Stichprobenplan für das Jahr 1951 erhalten wurde. Unter der Annahme, daß die Variabilität des Befalls im Jahre 1951 in den großen Zügen derjenigen im Vorjahr entsprechen werde, wurde mit den für das Jahr 1950 errechneten Streuungskomponenten U_i und V_i eine Verteilung der Stichprobeorte auf die Teilgebiete derart bestimmt, daß bei vorgegebenem Stichprobenfehler des Durchschnittbefalls über das ganze Oberengadin die Gesamtkosten minimal werden sollten. Wie sich später zeigen wird, bedeutet diese Festsetzung, daß die Anzahl n_i' der Stichprobeorte in einem Teilgebiet bei gegebener Anzahl n'' der Bäume pro Stichprobeort proportional zu

$$W_i \sqrt{(n'' U_i + V_i)/(bn'' + ag_i)}$$

wird, also direkt proportional zum relativen Umfang des Teilgebietes und zur Wurzel aus dem Durchschnittsquadrat „zwischen Stichprobeorten" in einer Streuungszerlegung innerhalb des Teilgebietes (vgl. Tabelle 2, Spalte 15) und indirekt proportional zur Wurzel aus den Kosten der Erhebung pro Stichprobeort im betreffenden Teilgebiet. Die Anzahl Stichprobeorte pro Teilgebiet ist also umso größer, je stärker die durchschnittlichen Befallswerte der Stichprobeorte eines Teilgebietes, bezogen auf die Einheit, variieren und umso kleiner, je größer die Kosten sind, welche die Entnahme der Stichprobe im Teilgebiet erfordert.

Ganz zwangslos ergibt sich die Frage, welchen Stichprobenfehler die Erhebung 1951 geliefert hätte, wenn man bei der Zuteilung der Stichprobe-

orte an die einzelnen Teilgebiete von einer Berücksichtigung der Variabilität des Befalls im Vorjahr und desgleichen der Kosten, die von Teilgebiet zu Teilgebiet ohnehin nicht sehr stark variieren, abgesehen und die Zuteilung der Stichproben lediglich proportional zu W_i, d. h. zur relativen Stammzahl des Teilgebietes vorgenommen hätte. Tabelle 5 zeigt die Gegenüberstellung der Anzahlen n_i' der Stichprobeorte im Teilgebiet i für den tatsächlich durchgeführten Plan und für einen Plan mit Zuteilung der Stichproben proportional zur Größe W_i des Teilgebietes.

Tabelle 5. Zuteilung der Stichprobeorte für $n_i' \sim W_i \sqrt{(V_i + U_i n'')(a g_i + b n'')}$ und n_i' nur proportional $W_i = N_i/N$

Gemeinde	Benutzter Stichprobenplan 1951					Zuteilung proportional Stammzahl				
	Schao	Schau	Soo	Sou	Total	Schao	Schau	Soo	Sou	Total
Sils	16	—	11	—	27	23	—	13	—	36
Silvaplana	6	—	3	—	9	18	—	7	—	25
St. Moritz	3	—	3	—	6	12	—	7	—	19
Celerina	2	2	2	—	6	19	4	9	—	32
Pontresina	9	—	8	—	17	18	—	20	—	38
Samedan	5	5	14	3	27	5	4	14	6	29
Bever	15	2	9	2	28	11	2	10	1	24
Ponte	36	13	7	2	58	8	4	5	1	18
Madulain	26	13	4	2	45	6	2	3	1	12
Zuoz	3	2	5	—	10	15	3	3	—	21
Scanfs	14	14	24	16	68	11	6	19	11	47
Zusammen	135	51	91	25	301	146	25	110	20	301

Die Anzahl der Probebäume pro Stichprobeeinheit ist wiederum $n'' = 4$ angenommen, ferner sei die Gesamtzahl der Stichprobeorte die gleiche, nämlich $n' = 301$. Unter dieser Annahme bekommt man z. B. für Sils, Schattenseite oben, mit $W_i = 46254/611028 = 0.075699$ ein $n_i' = 301 \times 0.075699 = 22.79 \approx 23$. Geringfügige Korrekturen wurden angebracht derart, daß jedes Teilgebiet wenigstens eine Stichprobe enthielt; auch bei Teilgebieten, die eine sehr schwache Zuteilung erhalten hätten, war es jedoch nicht nötig, auf zwei Stichprobeorte pro Teilgebiet hinaufzugehen, da es sich nicht darum handelte, die U_i und V_i, welche bereits vorlagen, aus der Stichprobe zu schätzen.

Für die Berechnung des Stichprobenfehlers wäre eine gewisse Vereinfachung der Rechnungen möglich gewesen, da die Stichprobenquoten f_i' und f_i (Tabelle 2, Spalte 7—8) nun annähernd konstant, nämlich $f_i' = f' = n'/N' = 301/1234 = 0.24392$ und $f_i = f = n/N = 1204/611028 = 1.970 \times 10^{-3}$ geworden wären. Wegen der erwähnten geringfügigen Korrekturen und weil die Proportionalität wegen der Ganzzahligkeit der n_i' nicht vollständig realisiert werden konnte, wurden jedoch die f_i' und f_i für jedes Teilgebiet i neu berechnet. Die Bestimmung des Stichprobenfehlers des nach Formel (2) selbstverständlich gleichbleibenden durchschnittlichen Befalls erfolgt nun nach den in 4a—4c dargestellten Grundsätzen, nur daß man in den Formeln (3), (4), (5), (7), (10), (11) die neuen n_i' und n_i anstelle der alten zu verwenden hat. Insbesondere ist es wiederum möglich, den Stichprobenfehler nicht nur für die wirkliche Schichtung in 34 Teilgebiete, sondern auch unter der Annahme zu berechnen, daß man nur die Gemeinden als Schichten oder überhaupt

keine Schichtung benützt hätte. Die Quadrate der Stichprobenfehler in den drei genannten Fällen sind die folgenden:

$$V_I : V_{II} : V_{III} = 0.061966 : 0.074188 : 0.095224$$
$$= 1.0000 : 1.1972 : 1.5367.$$

Vergleicht man mit den entsprechenden Werten für die Zuteilung der Stichproben proportional zur Größe und Variabilität des Befalls des Teilgebietes, so zeigt sich, daß eine Zuteilung der Stichprobeorte proportional lediglich zur Stammzahl eines Teilgebietes einen kleinern Stichprobenfehler zur Folge gehabt hätte, und zwar wäre der Präzisionsgewinn entsprechend dem Quotienten 0.092084/0.061966 = 1.4860 etwa 49 % gewesen. Die Werte für V_{III}, nämlich 0.093225 und 0.095224 sind ungefähr gleich groß, wie man dies, da die unterschiedlichen Gewichte zwischen den Schichten nun dahinfallen, erwarten durfte. Aus der Gegenüberstellung der beiden Stichprobenverfahren ergibt sich daher, daß der Gewinn, den man aus der Schichtung ziehen kann, hauptsächlich von der Wahl der Gewichte abhängt, mit denen die Zuteilung der Stichprobeorte an die Teilgebiete erfolgte, und weniger von der Tatsache der Schichtung als solcher. Eine Schichtung kann an sich immer von Nutzen sein; von den andern Gründen, die für eine Schichtung sprechen, abgesehen bringt sie aber einen wirklichen Vorteil nur, wenn außerdem die Stichprobenquoten zweckmäßig gewählt werden. Daß dies bei der vorliegenden Untersuchung nicht ganz der Fall war, ersieht man am Umstand, daß V_I bei der Wahl von $n_i' \sim W_i$ kleiner ausgefallen wäre als für $n_i' \sim W_i \sqrt{n'' U_i + V_i}$. Obwohl eine gewisse Änderung der Befallsverhältnisse und auch der Befallsvariabilität von 1950 auf 1951 vorauszusehen war, so erwies sich diese doch als größer, als daß sich ein wirksamer Stichprobenplan für 1951 hätte auf die Ergebnisse von 1950 aufbauen lassen. Die Annahme, auf welche die Verwendung der 1950-er U_i und V_i zur Bestimmung der n_i' für 1951 hinausläuft, nämlich, daß keine wesentliche Änderung in der Variabilität des Befalls von einem Jahr zum andern stattfinden würde, war indessen von vornherein nur als ein Notbehelf zu betrachten, dem gegenüber nur die Wahl $n_i' \sim W_i$ noch offen gestanden hätte: daß sich letztere als die bessere erweisen würde, war nicht vorauszusehen, und beeinträchtigt auch nicht den Wert der statistischen Erhebung als eines Verfahrens, die Befallsdichte im ganzen Oberengadin in örtlicher und zeitlicher Beziehung quantitativ und nicht nur qualitativ zu erfassen.

e) Der Stichprobenfehler bei Verwendung des „optimalen" Stichprobenplanes

Daß bei Kenntnis der geeigneten Stichprobenquoten in den Teilgebieten, d. h. bei einer Wahl der n_i', welche dem Befall wirklich angepaßt sind, sich eine beträchtliche Reduktion des Stichprobenfehlers mittels Schichtung erreichen läßt, ergibt sich aus der Berechnung des Stichprobenfehlers bei Zugrundelegung des „optimalen", auf Grund der tatsächlichen Befallsverhältnisse 1951 nachträglich berechneten Stichprobenplanes. Nach später auseinanderzusetzenden Methoden ergibt sich die in Tabelle 6 wiedergegebene Gegenüberstellung der Anzahl Stichprobeorte pro Teilgebiet beim tatsächlich benutzten und beim „optimalen" Stichprobenplan.

Tabelle 6. Gegenüberstellung der Anzahl der Stichprobeorte n_i für die tatsächliche und optimale Zuteilung

Gemeinde	Benutzter Stichprobenplan 1951					Optimaler Stichprobenplan				
	Schao	Schau	Soo	Sou	Total	Schao	Schau	Soo	Sou	Total
Sils	16	—	11	—	27	26	—	33	—	59
Silvaplana	6	—	3	—	9	8	—	1	—	9
St. Moritz	3	—	3	—	6	1	—	1	—	2
Celerina	2	2	2	—	6	1	1	1	—	3
Pontresina	9	—	8	—	17	5	—	7	—	12
Samedan	5	5	14	3	27	1	3	55	24	83
Bever	15	2	9	2	28	5	1	10	1	17
Ponte	36	13	7	2	58	5	2	2	1	10
Madulain	26	13	4	2	45	5	2	4	1	12
Zuoz	3	2	5	—	10	25	1	6	—	32
Scanfs	14	14	24	16	68	6	2	43	11	62
Zusammen	135	51	90	25	301	88	12	163	38	301

Korrekturen wurden angebracht, so daß in jedem Teilgebiet $1 \leqq n_i' \leqq N_i'$. Die Kenntnis der U_i und V_i erlaubt die Berechnung des Stichprobenfehlers des Durchschnittbefalls, auch wenn ein Teilgebiet nur einen Stichprobeort enthält; anderseits wurde in Teilgebieten, wo der Stichprobenplan in der Anzahl Probeorte über die Anzahl der vorhandenen Einheitsabteilungen hinausging ($n_i' > N_i'$), n_i' auf N_i' reduziert und damit jede Einheitsabteilung des Teilgebietes nur einmal in die Stichprobe aufgenommen. Die Berechnung von V_I, V_{II}, V_{III} vollzieht sich genau wie in den Abschnitten 4 c und 4 d und ergibt:

$$V_I : V_{II} : V_{III} = 0.015219 : 0.028401 : 0.098368$$
$$= 1.0000 : 1.8662 : 6.4635.$$

Wiederum bemerkt man, daß sich V_{III} gegenüber früher wenig geändert hat. Hingegen hätten sich die Stichprobenfehler für die Schichtung in die 34 Teilgebiete bzw. in die 11 Gemeinden ganz erheblich reduzieren lassen, nämlich ungefähr auf den sechsten Teil bzw. auf die Hälfte, wenn man zum voraus eine bessere Kenntnis der Befallsverhältnisse und damit der richtigen Stichprobenquoten gehabt hätte. Leider ist es äußerst schwierig, und auch ein Ziel, wenn auch noch ziemlich fernes, dieser Erhebung, Hypothesen zu finden, die erlauben, das Anwachsen der Befallswerte von Jahr zu Jahr besser zu verstehen und aus der Analyse der Ergebnisse wenn möglich Beziehungen zu gewinnen, die gestatten, die einzelnen jährlichen Befallswerte miteinander zu verknüpfen.

f) Der Einfluß der Zweistufigkeit des Stichprobenplanes auf die Größe des Stichprobenfehlers

Die bisherige Diskussion des Stichprobenplanes befaßte sich mit dem Einfluß der Schichtung auf die Größe des Stichprobenfehlers. Hierzu tritt nun noch ein weiterer Gesichtspunkt, nämlich derjenige der Zweistufigkeit des Stichprobenplanes. Zweistufigkeit bedeutet, daß die Stichprobe in zwei Stufen entnommen wurde: auf der ersten Stufe wurden die Einheitsabteilungen eines Teilgebietes bestimmt, die in die Stichprobe aufgenommen werden sollten, auf der zweiten die Einzelbäume innerhalb dieser Einheits-

abteilungen. An sich wäre eine direkte Entnahme der Probebäume innerhalb eines Teilgebietes durchaus möglich gewesen, für Sils Schattenseite oben z. B. indem man auf einer Karte des Teilgebietes zufällig 64 Punkte als Repräsentanten der 64 Probebäume der Stichprobe bestimmt hätte. Es ist ohne weiteres einzusehen, daß die Lage des einzelnen Probebaumes auf Grund eines solchen Vorgehens ziemlich schlecht bestimmt gewesen wäre, jedenfalls bedeutend weniger gut als beim Schritt über die Einheitsabteilungen. Das Wiederauffinden der Bäume zum Zweck der Kontrolle und des Vergleichs der Befallswerte in verschiedenen Jahren wäre trotz Kennzeichnung der Bäume erschwert gewesen, vor allem aber wäre durch die größere Freiheit der Sammler in der Wahl der Probebäume die Gefahr einseitiger Fehler vergrößert worden, ganz abgesehen davon, daß die Organisation der Erhebung wesentlich komplizierter gewesen wäre.

Trotzdem ist es von Interesse zu wissen, wie der Stichprobenfehler unter der Annahme einer einzigen Stufe ausgefallen wäre. Betrachtet man zunächst ein bestimmtes Teilgebiet, so kann man die Unterteilung in Einheitsabteilungen in gewissem Sinne als eine Schichtung innerhalb des Teilgebietes betrachten. Beschränkt man sich, z. B. für Sils, Schattenseite oben, zunächst auf die $n_i' = 16$ Einheitsabteilungen, die wirklich in die Stichprobe gelangten, und beachtet die übrigen $N_i' - n_i' = 75$ Einheitsabteilungen vorerst nicht, denkt man sich also die 16 Einheitsabteilungen sozusagen in ein einfach zusammenhängendes Gebiet G_i zusammengeschoben, so bedeutet der Übergang zur einstufigen Stichprobenentnahme offenbar Ignorierung der Grenzen zwischen den Einheitsabteilungen. Auf dem Gebiet einer Einheitsabteilung würden nicht mehr genau 4, sondern je nachdem 0, 1, 2, 3, 4, 5, . . . Bäume entnommen, gerade so wie dies eine Bestimmung der Probebäume auf einer Karte des Teilgebietes durch zufällig gewählte Punkte ergeben würde. Es handelt sich dann darum, die Variabilität zwischen den Bäumen innerhalb des Teilgebiets zu bestimmen und es ist vorauszusehen, daß sich die Streuung zwischen den Bäumen im ganzen Teilgebiet aus der Streuung U_i zwischen den Stichprobeorten bzw. Einheitsabteilungen und aus der Streuung V_i zwischen den Bäumen innerhalb der Einheitsabteilung zusammensetzen lassen muß. Bedeutet $W_{ij}, j = 1, \ldots, n_i', (i = 1, \ldots, 34)$ den relativen Baumanteil der j-ten Einheitsabteilung in G_i, $\overline{y}_{ij}$ den Durchschnittsbefall pro Baum in dieser Einheitsabteilung und V_{ij} die zugehörige Streuung zwischen Bäumen innerhalb der Einheitsabteilung, so kann man, mit den entsprechenden Abänderungen, offenbar Formel (10) von Abschnitt 4b anwenden, um die Streuung zwischen den Bäumen bei Ignorierung der Einheitsabteilungen zu erhalten. Zunächst fällt eine der Größe V_i in (10) entsprechende Größe dahin, da in G_i innerhalb der Einheitsabteilungen die Entnahme der Einheiten bzw. Bäume einstufig erfolgt. Statt W_i haben wir W_{ij}, für U_i nun V_{ij} zu setzen und anstelle von $\overline{y}_i$ und $\overline{y}$ treten $\overline{y}_{ij}$ und $\overline{y}_i = SW_{ij}\overline{y}_{ij}$. Anstelle von $n''/n_i = 1/n_i'$ hat man $1/n''$, da eine „Schicht" nun $n'' = 4$ Bäume als Einheiten enthält. Mit der neuen Bezeichnung ergibt sich dann aus (10) für die Streuung zwischen den Bäumen innerhalb G_i

$$T_i' = \sum_i^{n_i'} W_{ij} V_{ij} - \sum_i^{n_i'} W_{ij} (1 - W_{ij}) \frac{V_{ij}}{n''} + \sum_i^{n_i} W_{ij} (\overline{y}_{ij} - \overline{y}_i)^2 \qquad (12)$$

Diese Formel läßt sich wesentlich vereinfachen. Zunächst ist $W_{ij} = 1/n_i'$: in der Tat hat man z. B. für Sils, Schattenseite oben, in G_i ca. $n_i' \times 500 = 16 \times 500$ Bäume und eine Einheitsabteilung, die neue Schicht, enthält ca. 500 Bäume, also den 16-ten Teil davon. Ferner ist V_{ij} innerhalb eines Teilgebietes i als konstant, nämlich als V_i (Tabelle 2, Spalte 16) zu betrachten. Schließlich können wir $S\,(y_{ij} - \bar{y}_i)^2$ anders ausdrücken, wenn wir die Zerlegung der Streuung zwischen den Bäumen eines Teilgebietes nach Tabelle 7 betrachten.

Tabelle 7

Streuungszerlegung innerhalb eines Teilgebietes

Art der Variabilität	*FG*	*SQ*	*DQ*
Zwischen Stichprobeorten innerhalb Teilgebiet	$n_i' - 1$	$n'' \sum_j (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_i)^2$	$n'' \sum_j (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_i)^2 / (n_i' - 1)$
Zwischen Bäumen innerh. Stichprobeorten	$n_i' (n'' - 1)$	*	*
Zusammen	$n_i' n'' - 1$	*	*

Da das *DQ* zwischen den Stichprobeorten innerhalb Teilgebiet i eine Schätzung von $n'' U_i + V_i$ ist, so ist $S\,(\bar{y}_{ij} - \bar{y}_i)^2$ eine Schätzung von $(n_i' - 1) \times (U_i + V_i/n'')$. Mit diesen Vereinfachungen erhält man nach (12)

$$T_i' = n_i' \cdot \frac{1}{n_i'} V_i - n_i' \cdot \frac{1}{n_i'} \left(1 - \frac{1}{n_i'}\right) \frac{V_i}{n''} + \frac{1}{n_i'} (n_i' - 1) \left(U_i + \frac{V_i}{n''} \right)$$

oder

$$T_i' = V_i + \frac{n_i' - 1}{n_i'} U_i. \tag{13}$$

Da offenbar die Streuung in der Grundgesamtheit, also die Streuung zwischen den $n_i = n_i'\ n''$ Bäumen bei zufälliger Verteilung auf das ganze Teilgebiet und nicht nur auf G_i interessiert, hat man nur n_i' durch N_i' zu ersetzen und erhält als Streuung zwischen den Bäumen in Teilgebiet i

$$T_i = V_i + \frac{N_i' - 1}{N_i'} U_i. \tag{14}$$

Für großes N_i' ist dies nichts anderes als $U_i + V_i$ und dieser Ausdruck steht in Übereinstimmung mit der früheren Annahme, daß sich der Befall irgend eines Baumes in Teilgebiet i entstanden denken läßt aus der Zusammensetzung zweier unabhängig voneinander wirkender Variabeln u_i und v_i, deren erste von Stichprobeort zu Stichprobeort mit der Streuung U_i und deren zweite unabhängig vom Stichprobeort innerhalb desselben immer mit der gleichen Streuung V_i variiert. Der Faktor $(N_i' - 1)/N_i'$ berücksichtigt lediglich den Umstand, daß die Teilgebiete von endlicher Größe sind.

Ignorieren wir also die Einheitsabteilungen innerhalb eines Teilgebietes i, d. h. lesen wir die n_i Probebäume direkt, ohne den Schritt über die Einheitsabteilungen aus, so tritt an die Stelle der zwei Streuungskomponenten U_i und V_i die einzige Streuungskomponente T_i. Zum Beispiel war für Sils, Schattenseite oben, $U_i = 7.4875$, $V_i = 7.1458$, demnach $T_i = 7.1458 + \frac{90}{91}\ 7.4875 =$

14.5510. Das Quadrat des Stichprobenfehlers des Durchschnittbefalls $\overline{y}_i$ im Teilgebiet i ist nun, da man es nur mit einer Stufe zu tun hat, anstelle von (4)

$$V^* (\overline{y}_i) = \frac{N_i - n_i}{N_i} \frac{T_i}{n_i}. \tag{15}$$

Für Sils, Schattenseite oben, mit $N_i = 46254$, $n_i = 64$ und daher $f_i = 1.384 \times 10^{-3}$, ergibt sich also

$$(1 - 0.001384) \times 14.5510/64 = 0.227045.$$

Formel (3) für den Stichprobenfehler des Durchschnittbefalls im ganzen Oberengadin bleibt sich gleich, nämlich

$$V_I^* (\overline{y}) = SW_i^2 \, V^* (\overline{y}_i). \tag{16}$$

Es bietet keine Schwierigkeiten, zu übersehen, wie sich die Berechnung der Streuung zwischen den Bäumen bei Verzicht auf jede Schichtung oder nur mit den 11 Gemeinden als Schichten gestalten würde. Anstelle von (10) bekäme man sinngemäß

$$T = SW_i \, T_i - SW_i (1 - W_i) \frac{T_i}{n_i} + SW_i \, \overline{y}_i^2 - \overline{y}^2, \tag{17}$$

anstelle von (7)

$$V_{III}^* = \frac{N - n}{N} \frac{T}{n}. \tag{18}$$

Formeln (17) und (18) liefern den Stichprobenfehler V_{III}^* des Durchschnittbefalls für einstufige Stichprobenentnahme bei Verzicht auf jede Schichtung in Teilgebiete.

Wenn man diese Formeln analog wie in 4 c benützt, so ergibt sich $V_{II}^* (\overline{y})$ für die Schichtung nach den 11 Gemeinden bei einstufiger Entnahme der Probebäume.

Die Ergebnisse, samt den früheren auf die zweistufige Stichprobenentnahme bezüglichen, sowie ebenfalls diejenigen für zur Stammzahl proportionale und optimale Zuteilung der Stichprobeorte, stellen wir zusammen in Tabelle 8.

Auf die drei verschiedenen Arten der Zuteilung von Stichproben nehmen wir dabei nachstehend auf folgende Weise abkürzend Bezug:

Plan A: Zuteilung der Stichproben proportional Streuung $\sqrt{n'' U_i + V_i}$ (1950) und Stammzahl $W_i = N_i/N$.

Plan B: Zuteilung der Stichproben nur proportional Stammzahl W_i.

Plan C: Zuteilung der Stichproben proportional Streuung $\sqrt{n'' U_i + V_i}$ (1951) und Stammzahl W_i: „optimale Zuteilung".

Bei Plan A erweist sich, ähnlich wie für die 2-stufige, auch für die 1-stufige Erhebung die Schichtung nach den 11 Gemeinden als die günstigste, d. h. diejenige mit kleinstem Stichprobenfehler; im Gegensatz um 2-stufigen Plan liefert hier jedoch die Schichtung in 34 Teilgebiete den größten Stichprobenfehler. Überhaupt hätte man bei Plan A ohne Rücksicht auf die Stufenzahl auf eine Schichtung verzichten können. Der Grund für den geringen Einfluß der Schichtung ist wie in Abschnitt 4 d bei der in bezug auf die wirklichen Befalls- und Streuungsverhältnisse ungünstigen Wahl der Stichprobenquoten der Teilgebiete zu suchen.

Für die Zuteilung nach Plan B mit Anzahl der Stichprobeorte proportional zur Stammzahl wirkt sich die Schichtung für den 1-stufigen Plan ungefähr gleich aus wie für den 2-stufigen. Der Präzisionsgewinn durch Schichtung in 34 Teilgebiete gegenüber einem Verzicht auf jede Schichtung ist ca. 40 % statt wie früher 54 %, derjenige infolge Schichtung in 34 Teilgebiete statt deren 11 ist 17 % gegenüber 20 %.

Bei Plan C mit „optimaler" Zuteilung betragen die Präzisionsgewinne bei 1 bzw. 2 Stufen 212 % bzw. 546 % für Schichtung in 34 Teilgebiete gegenüber Verzicht auf Schichtung; der Einfluß der Schichtung bei 1- oder 2-Stufigkeit ist also recht unterschiedlich, und zwar dürfte dieser Unterschied hauptsächlich auf die unterschiedliche Wirkung der Schichtung nach den 11 Gemeinden gegenüber Verzicht auf Schichtung zurückzuführen sein, indem die bezüglichen Quotienten der Stichprobenfehlerquadrate $0.098368/0.028401 = 3.5$ bei 2 Stufen und $0.042254/0.019364 = 2.2$ bei 1 Stufe betragen. Es ist allerdings zu bemerken, daß die Anzahl n_i der Bäume pro Teilgebiet hier gleich wie für den 2-stufigen Plan $\sim W_i \sqrt{4\,U_i + V_i}$ (U_i und V_i von 1951) angenommen wurde, während eigentlich, da es sich um einen einstufigen Plan handelt, wohl $n_i \sim W_i \sqrt{T_i}$ angemessener gewesen wäre; diese Bemerkung trifft übrigens auch auf Plan A zu. $V_{III}{}^*$ $(\bar{y})$ ist auch bei 1-stufiger Erhebung annähernd konstant.

Was den weiteren Vergleich der Ergebnisse für die 1- und 2-stufige Erhebung anbelangt, so können wir feststellen, daß die Quotienten der Stichprobenfehler V (1-stufig/V (2-stufig) für die verschiedenen Arten der Schichtung und für Plan A und B annähernd den gleichen Wert von 0.46 annehmen. Bei Zuteilung C ist dies nur für V_{III} richtig, während für V_I der Stichprobenfehler für eine Stufe nur um etwa 11 % kleiner als für zwei Stufen, für V_{II} um etwa 32 % kleiner ist. Der Übergang von zwei Stufen zu einer einzigen reduziert also den Stichprobenfehler im Mittel auf 45 %, nur bei der „optimalen" Zuteilung, wo die Reduktion des Stichprobenfehlers durch

Tabelle 8. Stichprobenfehler bei verschiedenen Annahmen über Schichtung, Anzahl Stufen und Art der Zuteilung der Stichprobeorte

		A. Zuteilung d. Stpr. ~ Streuung u. W_i	B. Zuteilung nur ~ W_i	C. „Optimale" Zuteilung der Stpr.
2 Stufen	V_I (34 Teilgebiete)	$0.092\,084 = (0.303\,454)^2 : 1.0000$	$0.061\,966 = (0.248\,930)^2 : 1.0000$	$0.015\,219 = (0.123\,365)^2 : 1.0000$
	V_{II} (11 Teilgebiete)	$0.085\,620 = (0.292\,609)^2 : 0.9298$	$0.074\,188 = (0.272\,375)^2 : 1.1972$	$0.028\,401 = (0.168\,526)^2 : 1.8662$
	V_{III} (Keine Schichtung)	$0.093\,225 = (0.305\,328)^2 : 1.0124$	$0.095\,224 = (0.308\,584)^2 : 1.5367$	$0.098\,368 = (0.313\,637)^2 : 6.4635$
1 Stufe	$V_I{}^*$ (34 Teilgebiete)	$0.043\,697 = (0.209\,038)^2 : 1.0000$	$0.029\,847 = (0.172\,763)^2 : 1.0000$	$0.013\,539 = (0.116\,357)^2 : 1.0000$
	$V_{II}{}^*$ (11 Teilgebiete)	$0.040\,613 = (0.201\,527)^2 : 0.9242$	$0.034\,821 = (0.186\,605)^2 : 1.1667$	$0.019\,364 = (0.139\,153)^2 : 1.4302$
	$V_{III}{}^*$ (Keine Schichtung)	$0.041\,676 = (0.204\,147)^2 : 0.9538$	$0.041\,918 = (0.204\,740)^2 : 1.4044$	$0.042\,254 = (0.205\,558)^2 : 3.1209$
	$\frac{V_I{}^*}{V_I} : \frac{V_{II}{}^*}{V_{II}} : \frac{V_{III}{}^*}{V_{III}}$	0.474 534 : 0.474 340 : 0.447 047	0.481 667 : 0.469 362 : 0.440 204	0.889 612 : 0.681 807 : 0.429 550

Schichtung an sich schon recht beträchtlich gewesen wäre, ist dieser Rückgang nicht so ausgeprägt.

Eine Reduktion des Stichprobenfehlers beim Übergang von zwei Stufen zu einer einzigen war übrigens, ungleich dem Einfluß der Schichtung, zum vornherein zu erwarten. Die Zusammenfassung der Probebäume zu Stichprobeorten bewirkt nämlich, daß die Befallswerte von zwei Bäumen desselben Stichprobeortes ähnlicher sind als diejenigen für zwei Bäume verschiedener Stichprobeorte, d. h. die Zusammenfassung der Bäume zu den Stichprobeorten der ersten Stufe begünstigt gegenüber der rein zufälligen Auslese, sei es nun innerhalb eines Teilgebietes, einer Gemeinde oder des ganzen Oberengadins, die Auslese dem Befall nach ähnlicher Bäume. Es ist dies in gewissem Sinn ein Informationsverlust, da man sich bei zufälliger Entnahme der Bäume aus den Teilgebieten etc. ungefähr mit der Hälfte der Bäume hätte begnügen können, ohne einen größeren Stichprobenfehler zu erhalten; legen wir etwa für die Zuteilung A ein Verhältnis von V (1-stufig)/V (2-stufig) = 0.46 zugrunde, so hätten wir bei 1-stufiger Entnahme die gleiche Genauigkeit der Beobachtungsergebnisse bereits mit $0.46 \times 1204 = 554$ Bäumen gegenüber 1204 bei 2-stufiger Entnahme erreichen können. Eine richtige Wertung der 2-stufigen Entnahme gegenüber der 1-stufigen kann jedoch, vielleicht noch mehr als dies bei der Abschätzung des Einflusses der Schichtung der Fall war, nur bei angemessener Berücksichtigung des Kostenfaktors geschehen. Obwohl ins einzelne gehende Berechnungen hier nicht vorliegen, so resultiert aus der Zusammenfassung der Bäume zu Stichprobeorten doch eine Konzentration der Arbeitskräfte auf die eigentliche Sammeltätigkeit und es ergibt sich hieraus eine relative Verkleinerung der Anmarschwege und eine Erhöhung der Anzahl Bäume, die in einem Tag untersucht werden konnten; bei der Notwendigkeit, die Aktion in ca. 3 Wochen durchzuführen, ein nicht zu unterschätzender Vorteil. Überdies kommt die Zweistufigkeit, ähnlich wie die Unterteilung des Untersuchungsgebietes in Schichten, dem Bedürfnis nach einer auch die ökologischen Gesichtspunkte berücksichtigenden Art der Stichprobenentnahme weitgehend entgegen, indem auf die durchschnittlichen Milieubedingungen mehrerer Bäume abgestellt werden konnte.

5. Entwicklung des Stichprobenplanes für 1952

a) Voraussetzungen

Die Betrachtungen des letzten Kapitels über den Wirkungsgrad der Stichprobenerhebung sind von einiger Bedeutung für die Planung der Erhebung im Jahre 1952. Von Interesse an ihnen ist besonders die Möglichkeit, die Größe des Stichprobenfehlers abzuschätzen für Stichprobenpläne, die vom tatsächlich benützten in der einen oder anderen Beziehung abweichen; Voraussetzung ist dabei immer die Gleichheit der Beobachtungsbedingungen, welche sich in der Benützung derselben, auf Grund der durchgeführten Erhebung errechneten, Durchschnitte $\bar{y}_i$ und Streuungskomponenten U_i und V_i in den einzelnen Teilgebieten äußert. Die Schlußweise ist so, daß man unter den obwaltenden Bedingungen, bei dem oder dem Stichprobenplan den oder den Stichprobenfehler hätte erwarten können, allerdings nur im Rahmen zufälliger Abweichungen. Wenn auch solche Überlegungen die Ergebnisse, was den Wirkungsgrad der Schichtung für den Plan A betrifft, nicht als günstiger erscheinen lassen, so haben

wir doch bereits oben gesehen, daß weniger die Tatsache der Schichtung als solche, sondern die nicht in jeder Beziehung zweckmäßige Wahl der Stichprobenquoten, mit denen die Stichprobeorte den Teilgebieten zugewiesen wurden, für den geringen Erfolg der Schichtung verantwortlich ist.

Mit Rücksicht auf diese Ergebnisse hätte eine Revision der Stichprobenplanung für 1952 angezeigt erscheinen können. Der Verzicht auf eine Schichtung oder auf die Zweistufigkeit kamen dabei nach den früher dargelegten Gründen jedoch zum vornherein nicht in Frage. Die Schichtung an sich kann, wie wir sahen, überhaupt nicht schaden, und überdies hatte sie sich ganz zwangslos aus den Bedürfnissen der Organisation und der Wünschbarkeit der Abgrenzung ökologisch einheitlicher Gebiete ergeben; dasselbe ist in bezug auf die Zweistufigkeit zu sagen. Die einzige Modifikation, die möglich gewesen wäre, hätte darin bestanden, die Zahl n_i' der Stichprobeorte pro Teilgebiet statt proportional zu W_i und den 1951-er Werten von $\sqrt{n''}\,U_i + V_i$ nur proportional zu W_i zu machen, so wie der Vergleich von Vorgehen A und B im Obigen dies nahe gelegt hätte. Man hätte damit lediglich auf die Annahme einer nach dem Stand der Kenntnisse über die Vermehrung des Lärchenwicklers ohnehin ziemlich fragwürdigen Relation zwischen den Befallsdichten in den Jahren 1951 und 1952 Verzicht geleistet. Trotzdem wurde eine solche Relation angenommen: einerseits weil die Überlegungen noch beherrscht waren von der eine gewisse Richtigkeit nicht entbehrenden Vorstellung, daß sich die Befallsverhältnisse von 1951, zum allerwenigsten qualitativ, in denjenigen von 1952 widerspiegeln, daß sich also die Gebiete starken Befalls und großer Variabilität mit denen des Vorjahres decken würden und daß es demnach nicht schaden könnte, für den Stichprobenplan von 1952 die Verhältnisse bzw. die U_i und V_i für 1951 zugrunde zu legen. Anderseits hatte das Verfahren in den Vorjahren befriedigende Ergebnisse geliefert und es war daher schon der Kontinuität zuliebe gerechtfertigt, die Ergebnisse mindestens eines weitern Erhebungsjahres abzuwarten und von einer Änderung des Vorgehens vorläufig abzusehen. Mit dieser Festsetzung über die Struktur des Stichprobenplanes für 1952 sollen nun die Methoden dargelegt werden, nach denen jener gewonnen wurde.

b) Die Berechnung des Stichprobenplanes

Für den Aufbau des Erhebungsplanes im Jahre 1952 waren im wesentlichen die gleichen Grundsätze wegleitend wie für die Aufstellung der Stichprobenpläne früherer Erhebungsjahre. Es sollte eine durch die Größe des Stichprobenfehlers des durchschnittlichen Befalls im Jahre 1951 gegebene Genauigkeit wieder erreicht und die Kosten gleichzeitig möglichst niedrig gehalten werden. Die Aufstellung eines Planes, der diesen Anforderungen genügt, hat, wie wir soeben gesehen haben, selbstverständlich nur einen präzisen Sinn, wenn angenommen werden darf, daß die Charakteristiken der Population, in diesem Falle also vor allem die Komponenten der Streuung des Befalls in den einzelnen Teilgebieten, keiner wesentlichen Änderung unterliegen.

Die Elemente, die in die Berechnung des Stichprobenplanes eingehen, sind, außer den Stammzahlen N_i und den Gewichten $N_i/N = W_i$ für die einzelnen Teilgebiete, der Stichprobenfehler $V_0 = 0.092084 = (0.303454)^2$

des durchschnittlichen Befalls im Jahre 1951, welcher 1952 nicht überschritten werden sollte, und die Streuungskomponenten U_i und V_i für die einzelnen Teilgebiete (Tabelle 2, Spalte 17 und 16), ferner die Kostenelemente, welche erlauben, den Aufwand für die Erhebung in den einzelnen Teilgebieten bzw. Gemeinden in Abhängigkeit einerseits von der Anzahl der Stichproben und andererseits von der Anzahl der Bäume pro Stichprobeort zu berechnen. Bezeichnet n_i' die gesuchte Anzahl Stichprobeorte im Teilgebiet i und n'' die gesuchte Anzahl Bäume pro Stichprobeort, so läßt sich die Forderung, daß die Kosten minimal werden sollen, ausdrücken in der Form

$$K \equiv S\,[c + a g_i\, n_i' + b n_i'\, n''] = \text{Minimum.} \tag{1}$$

Hierin ist $c = 1.60$ eine Konstante für die Grundkosten, $a = 1.159$ bedeutet die Kosten für das Aufsuchen der Stichprobe und ist noch mit einem, von Gemeinde zu Gemeinde wechselnden Faktor g_i entsprechend der durchschnittlichen Länge des Anmarschweges zu einem Stichprobeort in dieser Gemeinde zu multiplizieren, $b = 0.2046$ ist der für alle Teilgebiete gleichbleibende Aufwand für die Untersuchung eines Baumes. Die Bestimmung der Kostenfaktoren a, b, c stellt ihrerseits ebenfalls eine Aufgabe der statistischen Analyse der Ergebnisse der Stichprobenerhebung dar und erfolgte durch Berechnung der Regression der Gesamtarbeitszeit in den einzelnen Gemeinden nach der Anzahl Stichprobeorte und nach der Anzahl Probebäume in der betreffenden Gemeinde; um eine hinreichende Übereinstimmung mit dem tatsächlichen Arbeitsaufwand zu erhalten, wurden die Werte von Jahr zu Jahr revidiert. Selbstverständlich kommt es nur auf die relativen Werte von a, b und c an, da man ebensogut mit der aufgewendeten Arbeitszeit wie mit den aufgewendeten Arbeitslöhnen rechnen kann.

Die Bedingung, daß der Stichprobenfehler den 1951 erreichten Wert nicht überschreiten soll, läßt sich formulieren als

$$V(\bar{y}) = S W_i^2 \left(\frac{1 - f_i'}{n_i'} U_i + \frac{1 - f_i}{n_i} V_i \right) \leq V_0\,, \tag{2}$$

oder, wenn wir f_i' durch n_i'/N_i' und f_i durch $n_i/N_i = n_i'\, n''/N_i$ (N_i' und N_i nach Spalte 5 und 6 von Tabelle 2) ersetzen und Gleichheit des Stichprobenfehlers verlangen

$$S W_i^2 \left[\left(\frac{1}{n_i'} - \frac{1}{N_i'} \right) U_i + \left(\frac{1}{n_i'\, n''} - \frac{1}{N_i} \right) V_i \right] - V_0 = 0. \tag{3}$$

Man hat also K unter Erfüllung der Nebenbedingung (3) zu einem Minimum zu machen. Dies läßt sich, bei Einführung des Multiplikators λ, bewerkstelligen, indem man den Ausdruck

$$\Lambda = \sum_1^{34} [c + a g_i\, n_i' + b n_i'\, n''] + \lambda \left\{ \sum_1^{34} W_i^2 \left[\left(\frac{1}{n_i'} - \frac{1}{N_i'} \right) U_i + \left(\frac{1}{n_i'\, n''} - \frac{1}{N_i} \right) V_i \right] - V_0 \right\} \tag{4}$$

bildet, dann nach den gesuchten Größen $n_1', \ldots, n'_{34}$, n'' und λ partiell ableitet und die Ableitungen gleich Null setzt. Das Ergebnis lautet

$$\frac{\partial \Lambda}{\partial n_i'} = ag_i + bn'' - \lambda W_i^2 \left[\frac{U_i}{(n_i')^2} + \frac{V_i}{(n_i')^2 n''} \right] = 0 \; (i = 1, \ldots, 34) \tag{5}$$

$$\frac{\partial \Lambda}{\partial n''} = b \sum_1^{34} n_i' - \frac{\lambda}{(n'')^2} \sum_1^{34} \left[W_i^2 \cdot \frac{V_i}{n_i'} \right] = 0 \tag{6}$$

$$\frac{\partial \Lambda}{\partial \lambda} = \sum_1^{34} W_i^2 \left[\left(\frac{1}{n_i'} - \frac{1}{N_i'} \right) U_i + \left(\frac{1}{n_i' n''} - \frac{1}{N_i} \right) V_i \right] - V_0 = 0 \tag{7}$$

Aus (5) folgt

$$(n_i')^2 = \lambda \frac{W_i^2}{n''} \cdot \frac{V_i + U_i n''}{ag_i + bn''} . \tag{8}$$

Hat man n'' bestimmt, so ist n_i' porportional zur Stammzahl $N_i = W_i N$ und zur Quadratwurzel aus dem Durchschnittsquadrat „zwischen Stichprobeorten" in der Zerlegung der Streuung innerhalb eines Teilgebietes, d. h. also zur Wurzel aus der Summe der Quadrate der Abweichungen der durchschnittlichen Befallswerte der einzelnen Stichprobeorte vom Gesamtdurchschnittsbefall des Teilgebietes, wobei die Summe der Quadrate noch auf einen Freiheitsgrad bezogen wird; schließlich ist n_i' indirekt proportional zur Quadratwurzel der Kosten, welche die Stichprobenentnahme samt Aufwand für das Aufsuchen pro Stichprobeort des betreffenden Teilgebietes verursacht.

Setzt man n_i' aus (8) in (6) ein, so erhält man nach einigen Umformungen

$$\sum_1^{34} \left(V_i W_i \cdot \sqrt{\frac{ag_i + bn''}{V_i + U_i n''}} \right) = bn'' \sum_1^{34} \left(W_i \sqrt{\frac{V_i + U_i n''}{ag_i + bn''}} \right) . \tag{9}$$

Aus Gleichung (9) kann man n'' durch Probieren finden, wobei man mit Vorteil die Rechnungsgrößen

$$P_i = (ag_i + bn'')(V_i + U_i n''), \quad Q_i = \frac{V_i + U_i n''}{ag_i + bn''} \tag{10}$$

einführt. Würde man die Bedingung, daß n'' für alle Teilgebiete dasselbe sein soll, fallen lassen und für jedes Teilgebiet neben seinem n_i' ein eigenes n_i'' einführen, so hätte man in den Gleichungen (5) und (7) n'' durch n_i'' zu ersetzen und statt (6) hätte man 34 Gleichungen von der Form

$$\frac{\partial \Lambda}{\partial n_i''} = bn_i' - \frac{\lambda}{(n_i'')^2} W_i^2 \frac{V_i}{n_i'} = 0 \; (i = 1, \ldots, 34) \tag{11}$$

und mit der aus (5) folgenden Beziehung

$$(n_i')^2 = \lambda \frac{W_i^2}{n_i''} \frac{V_i + U_i n_i''}{ag_i + bn_i''} \tag{12}$$

ergäbe sich unmittelbar

$$\lambda \frac{W_i^2}{n_i''} \frac{V_i + U_i n_i''}{ag_i + bn_i''} = \frac{\lambda}{(n_i'')^2} W_i^2 \frac{V_i}{b} ,$$

woraus

$$(n_i'')^2 = \frac{V_i}{U_i} \Big/ \frac{b}{ag_i} \tag{13}$$

d. h. n_i'' ist um so größer, je größer die Streuung zwischen den Bäumen im Vergleich zur Streuung zwischen Stichprobeorten ist, und um so kleiner, je größer die Kosten pro Baum für das Absuchen nach Lärchenwicklern im Verhältnis zu den Kosten für das Aufsuchen des Stichprobeortes sind. Insbesondere hängt n_i'' nicht von V_0, der angestrebten Genauigkeit, ab.

Etwas Ähnliches dürfte gelten, wenn man nun wieder annimmt, daß alle n''_i gleich, nämlich n'', sein sollen; nur wird dann anstelle von (13) ein passender Mittelwert über alle Teilgebiete treten. In der Tat kann man (9) in der Form

$$SW_i\left[\frac{V_i\, ag_i - U_i\, bn''^2}{\sqrt{(V_i + U_i\, n'')\,(ag_i + bn'')}}\right] = 0 \tag{14}$$

schreiben, und hieraus ergibt sich, sofern man annehmen darf, daß die Wurzel im Nenner nur wenig variiert, für n'' angenähert

$$(n'')^2 \approx \frac{S\,(W_i \cdot V_i\, ag_i)}{S\,(W_i \cdot U_i\, b)}, \tag{15}$$

was (13) entspricht. Wie man schon (9) entnimmt, geht auch hier die angestrebte Genauigkeit V_0 nicht in den Ausdruck für n'' ein.

Bestimmt man n'' als die der Lösung von (9) bzw. (14) am nächsten liegende ganze Zahl und setzt in (8) ein, so sind die n_i' bis auf den Faktor $\sqrt{\lambda}$ bestimmt; die angestrebte Genauigkeit V_0 beeinflußt nur die Gesamtzahl $Sn_i' = n'$ der Stichprobeorte, während deren Verhältnis nicht von ihr abhängt. Aus Gleichung (3) bzw. (7) erhält man, wenn man n_i' nach (8) einsetzt

$$V_0 + SW_i^2\left(\frac{U_i}{N_i'} + \frac{V_i}{N_i}\right) \equiv V_0' = \frac{1}{\sqrt{\lambda}}\,\frac{1}{\sqrt{n''}}\,(SW_i\sqrt{P_i}) \tag{16}$$

woraus sich, bei gegebenem V_0, nach Berechnung von n'' die Größe $\sqrt{\lambda}$ ergibt. Bei bekanntem n'' ist daher $\sqrt{\lambda}$ und damit jedes n_i' und auch $Sn_i' = n'$ um so größer, je kleiner V_0' ist. D. h. je größer die angestrebte Genauigkeit bzw. je kleiner der zulässige Stichprobenfehler, desto größer ist der Umfang n' der Stichprobe.

Nach Gleichung (1) erhält man, wenn man n_i' nach (8) ersetzt und λ nach (16) durch V_0' ausdrückt, für die Gesamtkosten, die minimal werden sollten, die Beziehung

$$K - Sc = K - 34c \equiv K' = \frac{1}{n''\,V_0'}\,(SW_i\sqrt{P_i})^2\,. \tag{17}$$

Ferner nach (8) bei Ersetzung von $\sqrt{\lambda}$ nach (16)

$$n' = \frac{1}{n''\,V_0'}\,(SW_i\sqrt{P_i})\,(SW_i\sqrt{Q_i}), \tag{18}$$

und schließlich für K' in Abhängigkeit von n' und n''

$$K' = n'\,\frac{SW_i\sqrt{P_i}}{SW_i\sqrt{Q_i}} \tag{19}$$

Aus (9) geht hervor, daß, wie auch V_0 vorgegeben wird, das Minimum der Kostenfunktion K' immer an derselben Nullstelle n_0'' dieser Gleichung angenommen wird. Dies legt nahe, eine allfällige Präzisionsreserve weniger

durch Vergrößerung von n'' als durch Erhöhung von n' bei dem ganzzahligen n'', das der Lösung von (8) möglichst nahe kommt, vorzusehen — abgesehen davon, daß eine Änderung von n'' jedesmal die Neuberechnung der n_i', deren relative Aufteilung sich nach (8) mit n'' ändert, nötig machen würde.

Beiläufig sei bemerkt, daß man die Bedingung, nach welcher bei vorgegebenem Stichprobenfehler die Kosten minimal werden sollen, ersetzen kann durch die andere, daß bei vorgegebenen Kosten der Stichprobenfehler minimal werden soll. Bezeichnet μ den Multiplikator, den man analog zu λ einführt, so bleiben die Gleichungen (5) und (6), welche n'' und die relative Aufteilung der n_i' festlegen, dieselben, wenn man nur μ durch $1/\lambda$ ersetzt. Es folgt daraus, daß sich für n'' und das Verhältnis der n_i' dieselben Werte wie für das früher behandelte Problem ergeben. Wiederum hängt n'' nicht von den Gesamtkosten ab.

Die Anwendung der oben dargelegten Methoden zur Berechnung des neuen Stichprobenplanes bietet keine grundsätzlichen Schwierigkeiten und wir begnügen uns daher mit der Wiedergabe der Resultate. Ein Plan, der bei den Bedingungen, wie sie 1951 vorlagen, den besten Ausgleich zwischen Information und Kosten, bzw. die größte Information pro Kosteneinheit gewährleistet hätte, würde 91 Stichprobeorte zu je 3 Bäumen umfaßt haben. Da aber anzunehmen war, daß sich die Befallsverhältnisse von 1951 auf 1952 doch ziemlich merklich ändern würden, wurde, um eine gewisse Präzisionsreserve einzukalkulieren, die Gesamtzahl von ca. 1200 Bäumen beibehalten und diese in 400 Stichprobeorte zu je 3 Bäumen statt 301 Stichprobeorte mit je 4 Bäumen im Jahre 1951 zusammengefaßt. Tabelle 9 zeigt die Aufteilung der 400 Stichprobeorte auf die 34 Teilgebiete.

Tabelle 9. Aufteilung der Stichprobeorte 1952 ($n'' = 3$)

Gemeinde	Theoretische Aufteilung					Korrigierte Aufteilung				
	Schao	Schau	Soo	Sou	Total	Schao	Schau	Soo	Sou	Total
Sils	31	—	40	—	71	37	—	47	—	84
Silvaplana	10	—	1	—	11	12	—	2	—	14
St. Moritz	2	—	1	—	3	2	—	2	—	4
Celerina	0	0	0	—	0	2	2	2	—	6
Pontresina	6	—	9	—	15	7	—	11	—	18
Samaden	2	4	97	37	140	2	4	55	24	85
Bever	6	1	12	2	21	7	2	14	2	25
Ponte	6	2	3	1	12	7	2	3	2	14
Madulain	6	3	5	2	16	7	3	6	2	18
Zuoz	30	1	7	—	38	35	2	8	—	45
Scanfs	7	2	51	13	73	8	3	60	16	87
Zusammen	106	13	226	55	400	126	18	210	46	400

Die genauen Proportionen, die sich für die n_i' ergeben hatten, wurden insofern nicht ganz eingehalten, als in einzelnen Teilgebieten, die wegen des geringen Befalls eine sehr kleine Zuteilung von Stichprobeorten erhalten hätten, eine Erhöhung der Zahl der Stichprobeorte bis auf mindestens zwei vorgenommen wurde; ferner wurde nachträglich noch eine Reduktion der n_i' der zwei Teilgebiete in Samedan Sonnenseite oben bzw. unten mit $n_i' > N_i'$ von 90 bzw. 33 auf 55 und 24 vorgenommen und die überzähligen Stichprobeorte auf die übrigen Teilgebiete aufgeteilt.

Beschreibt dieser erste Teil hauptsächlich die Verfahren der Stichprobentechnik, welche die Schätzung der Stärke und Variabilität des Befalls durch den Lärchenwickler im Oberengadin erlauben, so sollen im später erscheinenden zweiten Teil in erster Linie die statistischen Verfahren dargestellt werden, mit deren Hilfe die Befallsverhältnisse in ihrer Abhängigkeit von gewissen ökologischen Faktoren untersucht werden können[1]).

[1]) Eine Zusammenfassung der Ergebnisse wird am Schluß von Teil II der Arbeit gebracht.

Aus dem Institut für Obst- und Gemüsebau der Biologischen Bundesanstalt in Heidelberg
Direktor: Oberregierungsrat Dr. H. Thiem

und dem Institut für Pflanzenschutz an der Landwirtschaftlichen Hochschule Hohenheim
Direktor: Professor Dr. B. Rademacher

Die Einwirkung des Diäthyl-p-nitrophenyl-Esters der Thiophosphorsäure auf die San José-Schildlaus (*Quadraspidiotus perniciosus* Comst.)*

Von

Gerhard Schuhmann, Berlin

Mit 2 Abbildungen

Inhalt: I. Fragestellung. — II. Stand der Bekämpfung mit Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat. — III. Das Verhalten des Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphats auf der Rinde. — IV. Neubesiedlung von Apfelzweigen und Äpfeln mit San José-Schildläusen nach einer Behandlung mit Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat. — 1. Methodisches. — 2. Übertragungen von San José-Schildläusen auf Apfelzweige. — 3. Übertragungen von San José-Schildläusen auf Äpfel. — V. Ausbreitung der Phosphorsäureester auf der Rinde. — VI. Praktische Bekämpfungsversuche mit Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat. — VII. Die Wahl des Spritztermines bei der San José-Schildlaus-Bekämpfung mit Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat. — Zusammenfassung. — Literaturverzeichnis.

I. Fragestellung

Ausführungen über die Bedeutung der San José-Schildlaus, einer der größten Obstschädlinge, erübrigen sich, da an anderen Stellen (Thiem 7, 9) schon ausführlich darauf hingewiesen worden ist. Besonders gefährdet sind Apfel- und Johannisbeerkulturen. Ihnen wurde daher in den folgenden Untersuchungen besondere Beachtung geschenkt.

Eine vorherrschende Stellung bei der Bekämpfung nehmen eine Reihe von Winterspritzmitteln ein. Nach Thiem (9, 10) sind Dinitro-o-kresol-Mittel, Obstbaummineralöle, Obstbaumkarbolineen aus Mittel- und Schweröle und Kombinationen dieser Mittel voll wirksam. Ihrer Anwendung sind jedoch dort Grenzen gesetzt, wo überwinternde Unterkulturen angebaut werden, da die genannten Winterspritzmittel das Blattwerk verbrennen. In den meisten Fällen ist es erforderlich, eine versäumte oder weniger gründlich durchgeführte Winterspritzung durch eine Nachbehandlung im Sommer zu ergänzen.

Keine phytotoxischen Eigenschaften in den Gebrauchskonzentrationen besitzen die Sommerobstbaummineralöle (Sommeröle) und Phosphorsäureester. Sommeröle sind voll wirksam, lassen sich aber mit Schwefelmitteln,

*) Auszug aus einem Teilgebiet der Dissertation: Schuhmann (6)

die gegen Spinnmilben und zur Schorfbekämpfung verwendet werden, nicht mischen; außerdem fehlt ihnen die Wirkungsbreite der Phosphorsäureester. Von den genannten Präparaten sind daher die Phosphorsäureester und davon das Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat (E 605) die besten Sommerbekämpfungsmittel. Präparate der Hexachlor-cyclohexan-Klasse („Gammexan"), der DDT-Klasse (Abkömmlinge des Dichlor-diphenyl-trichlormethan) sowie Schwefelpräparate sind unbrauchbar.

Der Erfolg mit E 605 f und E 605 forte war in den vergangenen Jahren oft wechselnd, die Ursache dafür meistens noch nicht klar erkannt (Thiem 8, Lüdicke 4). Es erschien daher lohnenswert, die Wirkungsweise und das Verhalten der Phosphorsäureester auf der Pflanze näher zu untersuchen, um im Zusammenhang mit den Ergebnissen aus einer Reihe von Spritzungen zur Aufklärung der Wirkungsweise des Mittels beizutragen.

II. Stand der Bekämpfung mit Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat

Das Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat nimmt unter den Phosphorsäureestern in der Praxis eine vorherrschende Stellung ein. Seine Wirkung wurde in der Anwendung als Spritzmittel noch von keiner anderen Phosphorsäureesterverbindung übertroffen (Thiem 10, Lüdicke 4, Marr 5). Die entsprechende Dimethylverbindung, die in verschiedenen Mischungsverhältnissen mit Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat angewandt wurde, zeigte in einer Reihe von Laborversuchen (Thiem 10) die gleiche Wirksamkeit. Eine vergleichende Spritzung (7. 7. 51) gegen die San José-Schildlaus an Zierkirschen (*Prunus sessulata* L.) (Thiem 10) zeigte deutlich die Überlegenheit des E 605 forte in 0.05 %iger Anwendung gegenüber Pestox III (ein Mittel mit 66 % Octa-methyl-pyrophosphorsäureamid), das 0.15 %ig und 0.3 %ig angewandt wurde und Systox 0.2 %, ein Mittel, das 50 % Diäthylthiophosphorsäureester des Äthylthioglycoläthers enthielt. In den 3, 7 und 13 Wochen nach der Behandlung auf der Rinde vorgenommenen Erfolgskontrollen war die größte Wirksamkeit des E 605 forte bei der letzten Untersuchung am deutlichsten hervorgetreten, was besonders auf die größere Dauerwirkung des Präparates schließen läßt. Aus dem Institut für Obstbau der Biologischen Bundesanstalt in Heidelberg standen mir zur Auswertung eine Reihe von Bekämpfungsversuchen mit E 605 f und E 605 forte aus den Jahren 1947—1951 zur Verfügung.

Aus diesen Versuchen war zu erkennen, daß E 605 in den Winter- und kühlen Frühjahrsmonaten keine nennenswerte Wirkung besitzt. Dieser Effekt ist von der Temperatur abhängig. Einige hundert Johannisbeer- und Apfelzweige, die jeweils mit vielen hundert Läusen besiedelt waren, wurden mit E 605 f und E 605 forte in verschiedenen Konzentrationen mit 0.1—0.01 % in den Wintermonaten der Jahre 1947—1951 behandelt und bei verschiedenen Temperaturen aufbewahrt. Es zeigte sich dabei folgendes Bild:

1. Auf den unbehandelten Kontrollzweigen entwickelten sich die Läuse entsprechend der Versuchstemperatur normal.
2. Auf den Zweigen, die im Freiland zwischen den Monaten Dezember und April aufbewahrt wurden, stieg die Wirksamkeit der Phosphorsäureester nicht über 30 % an.

3. Auf den Zweigen, die in Kellerräumen bei Temperaturen von durchschnittlich 8—14° C aufbewahrt wurden, erhöhte sich die Wirksamkeit*) der Phosphorsäureester auf 50—90 %.
4. Wurden die Zweige nach der Behandlung bei Zimmertemperaturen, die zwischen 15 und 24° C schwankten, aufgestellt, so betrug die Wirksamkeit des E 605 f und E 605 forte 98—100 %.
5. Auf Johannisbeerzweigen, die zunächst 2—4 Wochen in den Kellerräumen bei niedriger Temperatur gehalten wurden, stieg die Wirksamkeit nach dem Verbringen der Zweige in Laborräume mit Zimmertemperaturen nach 3—4 Wochen ebenfalls auf 95—100 % an. Die Versuche verliefen alle einheitlich. Die Ergebnisse sind durch mehrfache Wiederholungen und Auszählungen von mehreren tausend Läusen an jeweils 20—80 Zweigen zweifellos gesichert.

Die Freilandversuche an Apfelbäumen und Johannisbeerbüschen zeigten ähnliche, von der Temperatur abhängige Ergebnisse. Spritzungen während der Wintermonate blieben ohne praktischen Erfolg (THIEM 8, LÜDICKE 4). Bei Bekämpfungen, welche in die Zeit von Anfang Februar 1948 bis zum 4. März 1948 fielen, betrug die Wirksamkeit 0—5 %. Sie erhöhte sich in den nachfolgenden Spritzungen, von denen die letzte am 20. 4. 1948 lag, nicht über 30 % (THIEM 8, 10).

Auffällig abweichend im Ergebnis waren die Freilandbehandlungen in dem heißen Sommer 1947 von den Spritzungen in den drei folgenden Jahren (THIEM 8, LÜDICKE 4). 1947 befriedigte E 605 f 0.05 % in seiner Wirkung. Einzelne jüngere Apfelbäume konnten vollständig gesäubert werden. Die Abtötungsziffern in den folgenden Jahren lagen deutlich unter denjenigen von 1947.

Über die Wirkungsweise der Phosphorsäureester gegen die San José-Schildlaus konnten nur Vermutungen ausgesprochen werden. LÜDICKE (4) glaubt die wechselnden Erfolge in verschiedenen Faktoren wie Poikilothermie, Häutungsanomalien, intrakortikaler Schildlage möglicherweise suchen zu können.

III. Das Verhalten des Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphats auf der Rinde

Aus Bekämpfungsversuchen mit E 605 gegen San José-Schildlaus schließen THIEM (9) und LÜDICKE (4) auf eine wochenlange Nachwirkung des Mittels auf der Rinde. Um hierüber genaueren Aufschluß zu erhalten, wurden in verschiedenen Zeitabständen nach einer E 605-Behandlung Rindenextrakte hergestellt und im biologischen Test auf ihren insektiziden Rückstand geprüft.

Methode:

Am 13. 6. 51 wurde je ein 12jähriger Apfelbusch der Sorte Sämling Nr. 1341 (Stader Sämling, Züchtung des Instituts für Obstbau in Heidelberg) mit 0.03 % und 0.05 % E 605 forte so gründlich gespritzt, daß die Spritzung einer Abwaschung gleichkam und die Gewähr gegeben war, daß sämtliche Zweigstellen getroffen waren. In den in Tabelle 1 angegebenen

*) Wirksamkeit $= \frac{\text{leb. Läuse i. d. Kontr. (\%)} - \text{leb. Läuse i. Vers. (\%)}}{\text{lebende Läuse in der Kontrolle (\%)}} \cdot 100$

Zeitabständen in Tagen nach der Spritzung wurden Extrakte aus drei Schichten der zweijährigen Zweige hergestellt. Die oberste Schicht bestand aus der 0.2—0.3 mm dicken, mit dem Skalpell und der Pinzette bis auf den angrenzenden grünen Bastteil abgetrennten Korkschicht. Die mittlere Schicht umfaßte den primären und sekundären Bastteil, der bis auf den Kambiummantel abgehoben wurde und eine Dicke von etwa 1 mm erreichte. Die dritte, innerste Schicht bestand aus dem Holzteil, dem sekundären Xylem; er wurde in einer Dicke von 1—2 mm abgeschabt.

Die Schichten wurden aus zugeschnittenen Zweigstücken, die eine Oberfläche von 30 cm^2 besaßen, gewonnen und in 100 cm^3-Pulverflaschen mit 25 cm^3 Äthanol extrahiert. Die Flaschen standen 10—12 Wochen bei fast täglichem Umschütteln, bevor die Extrakte mit 9 Tage alten Drosophilafliegen getestet wurden. Hierzu sind je 10 cm^3 der Extrakte in eine Petrischalenhälfte (⌀ 9 cm) pipettiert worden, die $3^1/_2$ Stunden vor einem Ventilator zum Eintrocknen der Lösungen aufgestellt worden war. Anschließend erhielt jede Petrischale 50 *Drosophila melanogaster* M. Die Schalen lagen mit der Öffnung nach unten auf Glasplatten (10×10 cm), so daß die Fliegen während der größten Zeit der Testdauer mit dem toxischen Belag in Berührung blieben, da sie dem von oben einfallenden Licht zustrebten. Die T 50 %-Werte wurden nach der Methode von Bliss (1) auf graphischem Wege bestimmt. Die Extrakte sind in 4facher Wiederholung angefertigt worden. Jeder Einzelwert war wiederum aus der Aufstellung von 2 Petrischalen mit je 50 Fliegen gewonnen worden.

Um einen Anhaltspunkt für den absoluten insektiziden Rückstand aus den Abtötungszeiten erhalten zu können, wurde eine Vergleichsreihe (Tab. 2) aus analog gewonnenen Extrakten von unbehandelter Rinde hergestellt. Zu 30 cm^2 Borke kamen in 100 cm^3-Flaschen, die mit eingeschliffenen Glasstöpseln verschlossen werden konnten, 25 cm^3 Äthanol, das die in Spalte 2 angegebenen Mengen E 605 forte enthielt. Zur Herstellung der Verdünnungsreihe wurden 10 mg E 605 forte in einem Meßkolben auf 100 cm^3 mit Äthanol aufgefüllt und diese Lösung im Verhältnis 1 : 2 fortlaufend verdünnt.

Die wiederum in 4facher Wiederholung angelegten Extrakte sind wie bei dem vorangegangenen Versuch behandelt und mit *Drosophila*-Fliegen getestet worden.

Sp. 3 der Tabelle 2 enthält die reinen Wirkstoffmengen an Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat, die in 25 cm^3 Äthanol zu je 30 cm^2 Borke gegeben wurden. Sie lassen sich aus den Werten der Sp. 2 leicht errechnen, da E 605 forte 50 % Wirkstoff enthält. Die aus 4 unabhängigen Wiederholungen gewonnenen durchschnittlichen Zeiten der 50 %-Sterblichkeit sind mit den wahren mittleren Fehlern in Sp. 4 eingetragen. Die Einzelwerte ergaben sich wiederum aus den Abtötungszeiten von 2×50 Fliegen, so daß insgesamt für die Ermittlung eines Wertes 400 *Drosophila* eingesetzt wurden. Sp. 5 zeigt die nach 48 Stunden Versuchsdauer erreichte Mortalität. Bei der letzten Verdünnung (Nr. 8) konnte nur eine Abtötung bis zu 30 % erreicht werden. Der Wert für die 50 %-Sterblichkeit wurde hier durch Extrapolation bestimmt und hat daher nur bedingte Gültigkeit.

Aus den Zeiten der 50 %-Sterblichkeit und den entsprechenden insektiziden Anteilen wurde die Eichkurve (Abb. 1) gezeichnet. Bei ihr lassen

Tabelle 1. Toxische Wirkung der Extrakte von Apfel- und Johannisbeerrinde, die in verschiedenen Zeitabständen nach einer Behandlung mit Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat (E 605 forte) hergestellt wurden, auf *Drosophila melanogaster* M.

Tag der Behandlung: 13. 6. 1951.

Nr.	Obstart und extrahierter Rindenteil	Konzentr. der E 605 forte-Brühe i. %		Tage nach der Behandlung									
				0	10	20	25	32	45	50	60	70	90
1	Apfel (Korkschicht)	0,03	T	520 ± 41	645 ± 25	795 ± 34	1480 ± 72	4000 ± 168					
			E	0,032	0,025	0,02	0,012	0,008					
2	Apfel (Bastteil)	0,03	T			3800 ± 210	2100 ± 195	4500 ± 410					
			E			0,008	0,01	0,005					
3	Apfel (Korkschicht)	0,05	T	352 ± 24	410 ± 14	485 ± 33	540 ± 27	663 ± 31	1310 ± 24	2050 + 110			
			E	0,054	0,044	0,035	0,030	0,025	0,013	0,010			
4	Apfel (Bastteil)	0,05	T			1280 + 69	929 ± 36	795 ± 91	5000 ± 380				
			E			0,013	0,017	0,02	0,005				
5	Apfel (Holzteil)	0,05											
6	Johannisbeere (Korkschicht)	0,03	T	72 ± 4	162 ± 6	188 ± 9	197 ± 12	190 ± 8	205 ± 6		195 ± 11	204 ± 14	245 ± 16
7	Johannisbeere (Bastteil)	0,03	E			Spur	Spur	Spur	Spur				

T = Durchschnittswerte der 50 %-Sterblichkeit in Minuten mit den wahren mittleren Fehlern von 4 × 100 Drosophiliden.

E = Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat-Gehalt in mg in dem entsprechenden Rindenteil von 30 cm²; ermittelt nach der Eichkurve (Abb. 1) und den Werten der 50 %-Sterblichkeit.

sich an Hand der gewonnenen T 50 %-Werte die absoluten Rückstände an Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat direkt ablesen. Die graphisch ermittelten Werte erschienen hinreichend genau, so daß eine rechnerische Bestimmung nicht erforderlich war.

Die Werte für den Rückstand an Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat in der Korkschicht liegen annähernd auf einer Geraden (Abb. 2). Die Abnahme des Wirkstoffes in der äußeren Korkschicht erfolgt demnach proportional dem Abstand in Tagen nach der Behandlung. Der Nachweis in der äußeren Korkschicht gelang bei Anwendung von 0.03 % E 605 forte bis zu 32 Tagen und bei der 0.05 %igen Anwendung konnten nach 50 Tagen noch Spuren nachgewiesen werden.

Der höhere Mittelaufwand hatte demnach eine Verlängerung der Wirkungsdauer von etwa 20 Tagen zur Folge.

In dem Bast- und Parenchymgewebe, das unter der 0.2—0.3 mm dicken Korkschicht liegt, waren nur geringe Mengen des Insektizides nachzuweisen. Bei 0.03%igem Mittelaufwand gelang der Nachweis erst vom 20. Tag nach der Behandlung. Nach insgesamt 25 Tagen war der Höhepunkt im Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat-Gehalt erreicht. Nach weiteren 7 Tagen war der Gehalt an Wirkstoff bis nahe an die Grenze der nachweisbaren Größen

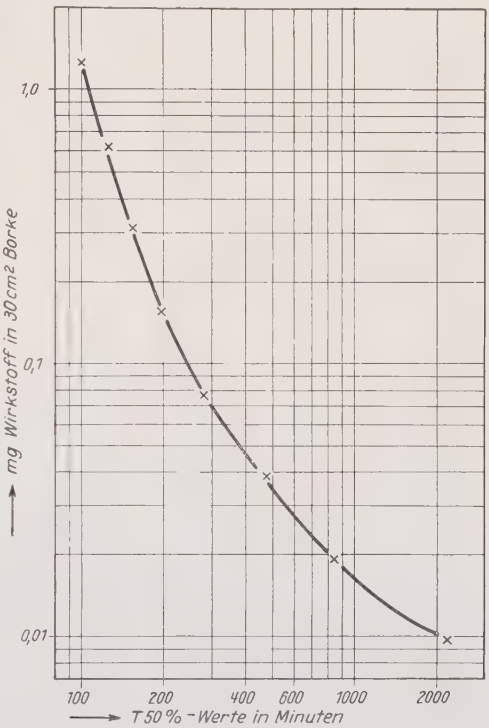

Abb. 1. Zeit der 50%-Sterblichkeit nach Minuten von *Drosophila melanogaster* M. als Funktion des Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat-Gehaltes in 30 cm² Borken-Extrakt. Darstellung in logarithmischem Maßstab

Tabelle 2. Durchschnittswerte der 50%-Sterblichkeit in Minuten von *Drosophila melanogaster* M., die auf Extrakte von Apfelrinde mit bekanntem Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat-Gehalt (E 605 forte) aufgesetzt wurden. Die Durchschnittswerte der 50 %-Sterblichkeit mit den wahren mittleren Fehlern wurden durch Einsetzen von 4×100 *Drosophila* gewonnen.

Nr.	mg E 605 forte in 30 cm² Borke	mg-Wirkstoff in 30 cm² Borke	T 50%-Werte in Minuten mit den wahren mittleren Fehlern	erreichte Mort. in %
1	2,5	1,25	99,5 ± 4,2	100
2	1,25	0,625	122 ± 2,0	100
3	0,625	0,3125	151 ± 6,1	100
4	0,3125	0,15625	197 ± 8,1	100
5	0,15625	0,078125	287 ± 11,8	100
6	0,078125	0,0390625	469 ± 9,7	100
7	0,0390625	0,01953125	825 ± 25,5	98
8	0,01953125	0,009765625	(2170 ± 61,3)	30

abgesunken. Bei Verwendung von 0.05 % E 605 forte enthielt der Bastteil vom 20.—45. Tage nach der Behandlung toxisch wirkende Rückstände.

Im sekundären Holzteil, der innerhalb des Kambiummantels liegt und in einer Stärke von 2 mm extrahiert worden war, konnten keinerlei Rückstände gemessen werden. Die maximale Tiefenwirkung des Esters betrug somit höchstens 1 mm bei zweijährigen Apfelzweigen. Der größte Anteil des Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphats wird in der verkorkten 0.2—0.3 mm dicken äußeren Rindenschicht festgehalten. Von hier aus diffundiert wahrscheinlich ein großer Teil in die tiefer gelegenen Rindenschichten. Die Größe dieses Anteils kann nicht genannt werden. Er kann höher sein, als im Versuch durch den E 605-Wirkstoffgehalt im Bastteil festgestellt wurde, denn es muß damit gerechnet werden, daß ein Teil des Phosphorsäureesters in den noch lebenden Zellen fortlaufend inaktiviert wird und im biologischen Test deshalb nicht mehr erfaßt werden kann. Ein weiterer Verlust an Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat aus der oberen Korkschicht kann durch Verdampfung eintreten. Gegen diese letzte Annahme sprechen in gewissen Grenzen die Ergebnisse, die bei der Prüfung von Rindenextrakten von Johannisbeeren gewonnen wurden. Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat verhielt sich hier anders als auf der Rinde der Apfelbäume (Tab. 1). Die Extrakte sind nach einer Spritzung mit E 605 forte analog hergestellt und mit Drosophila-Fliegen getestet worden. Bei der Johannisbeere konnte der Wirkstoff im wesentlichen nur in der äußeren dünnen Korkschicht, die sich von der Rinde leicht abheben läßt, nachgewiesen werden. Auf den Extrakten des Bastteiles starben vereinzelt 1—2 Fliegen. Die Werte für die 50 %-Sterblichkeit konnten danach nicht angegeben werden. Sie wurden in der Tabelle 1 als „Spur" gekennzeichnet.

Wie aus den Abtötungszeiten (Tab. 1) ersichtlich ist, wurde in der äußeren Korkschicht der Johannisbeeren der Wirkstoff etwa vom 20. Tage an bis zum 90. Tage nach der E 605 forte-Spritzung in fast gleicher Höhe festgehalten. Der absolute Rückstand kann mit Hilfe der Eichkurve (Abb. 1) nicht angegeben werden, da ein Vergleich der Abtötungszeiten mit den Werten, die bei der Apfelrindenextraktion gewonnen wurden, nicht statthaft ist, denn verschiedene Zusatzstoffe, die in dem ersten Fall bei der Extraktion der Apfelrinde und im zweiten Fall bei der Extraktion der Johannisbeerrinde mitgelöst werden, verändern im Test die toxische Wirkung des Wirkstoffanteiles im Extrakt gegen *Drosophila melanogaster* M. Vermutlich handelt es sich dabei um Lipoide und lipoidähnliche Verbindungen.

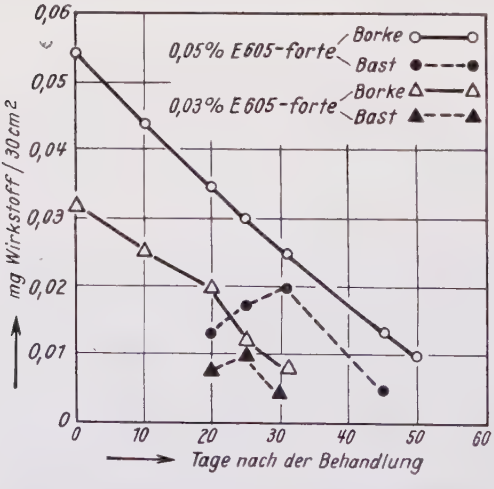

Abb. 2. Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat-Rückstände in mg je 30 cm² Rindenextrakt zu verschiedenen Zeitpunkten nach E 605 forte-Spritzungen am 13. 6. 51.

Die Erklärung für das abweichende Verhalten des Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphats auf den beiden Rindenarten kann in der verschiedenen Art der Borkenbildung gefunden werden. Der Apfelbaum bildet eine Schuppenborke. Die Korkschichten, das Periderm, entstehen aus einem Kambium, dem Phellogen. Dieses Korkkambium ist kurzlebig und stellt seine Tätigkeit bald ein. Dafür entsteht aus tiefer liegenden Parenchymzellen ein neues Korkkambium, und dieser Vorgang wiederholt sich ständig. Alle Gewebe, die außerhalb des innersten Korkkambiums liegen, sterben ab. Beim Apfelbaum wird das Korkkambium segmentartig tiefer verlagert. Es lösen sich so die Borkenschuppen ab. Bei der sich bildenden Schuppenborke setzen jüngere Korkanlagen mit ihren Rändern an ältere an (Fitting 3). Es wäre nun denkbar, daß der Phosphorsäureester entlang diesen Schichten in die Rinde diffundiert.

Bei der Johannisbeere haben wir es mit der Bildung einer Ringelborke zu tun, bei deren Neubildung sich das neue Korkkambium gleich ringförmig in einem geschlossenen Mantel tiefer verlagert. Die Borke löst sich entlang besonderen Trennungsschichten, die aus dünnwandigen Phelloidzellen bestehen. Der innige Kontakt mit den tieferen Rindenschichten ist somit bei der Johannisbeere nicht gegeben. Der geringere Verlust an Phosphorsäureester in der Borkenschicht der Johannisbeere und die daraus resultierende größere Dauerwirkung können möglicherweise darin eine Erklärung finden.

IV. Neubesiedlung von Apfelzweigen und Äpfeln mit San José-Schildläusen nach einer Behandlung mit Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat

1. Methodisches

Die Dauerwirkung von Spritzungen mit E 605 forte sollte auf Apfelzweigen und Äpfeln durch Übertragung von Jungläusen festgestellt werden. Die Übertragung auf Äpfel erfolgte stets durch Abklopfen stark befallener Apfelzweige über den Früchten, die infiziert werden sollten. Durch Unterhalten von steifem und glattem Papier konnten die vorbeifallenden Jungläuse aufgefangen und zur erneuten Übertragung abgeschüttelt werden. Auf diese Weise waren in kurzer Zeit beliebig viel Äpfel mit einer beliebigen Zahl von Läusen zu besiedeln.

Die Übertragung auf Zweige erfolgte durch Anbinden stark befallener Apfelzweige. Nach einem Tag wurden diese wieder abgenommen und die übergelaufenen Läuse gezählt.

Die Übertragungen, die in den Laborversuchen vorgenommen wurden, erfolgten stets durch Abklopfen von stark befallenem Material über den Äpfeln bzw. Zweigstücken. Die Jungläuse, die zu den im Labor vorgenommenen Spätinfektionen im Oktober benötigt wurden, stammten von befallenen, im Laborraum bei 18—22° C aufgestellten Apfelzweigen, so daß laufend genügend Jungläuse zur Verfügung standen.

Diejenigen Äpfel und Zweige, auf die im Labor Jungläuse übertragen worden waren, standen in einem thermokonstanten Raum bei 20° C und 90—95 % relativer Luftfeuchtigkeit. Die Zweige wurden in Leitungswasser frisch gehalten und wöchentlich angeschnitten.

Es wurden nur diejenigen Läuse (bei 30facher Vergrößerung) ausgewertet, die sich auf den 2—3jährigen Zweigabschnitten, auf denen ein geringer natürlicher Abgang zu erwarten war, festgesetzt hatten. Zu dicht besiedelte Stellen sind 3—4 Tage nach der Übertragung mittels einer Nadel ausgelichtet worden.

2. Übertragung von San José-Schildläusen auf Apfelzweige

Vers. 1 (Tab. 3):

Am 13. 6. wurde ein 12jähriger Apfelbusch der Sorte „Weiße Wachsrenette" mit 25 l 0.03 % und ein weiterer Baum der gleichen Sorte im gleichen Alter mit 25 l 0.05 % E 605 forte behandelt. Die Brühe reichte aus, um sämtliche Zweige der Bäume von allen Seiten zu benetzen.

Zwischen 6 und 100 Tagen nach der Spritzung wurden mehrmals Jungläuse übertragen, um festzustellen, wann eine dauerhafte Ansiedlung möglich ist. Bei jeder Übertragung am Baum wurde ein annähernd gleich starker 2- und 3jähriger Zweigabschnitt ausgewählt, an den stark befallene Zweige auf einer Länge von etwa 50 cm festgebunden worden sind. Nach 3—4 Tagen ist die Zahl der festgesetzten Jungläuse vermerkt worden. Zur Kontrolle dienten gleichzeitige Übertragungen an einem nicht behandelten Baum.

Die Schlußkontrolle erfolgte 12—13 Wochen nach der Übertragung. Dabei blieben die einzelnen Entwicklungsstadien unberücksichtigt, da keine Beeinflussung durch die E 605 forte-Behandlung zu beobachten war und die bei der unbehandelten Kontrolle gleichzeitig übertragenen Läuse sich sehr unterschiedlich entwickelt hatten. Die zu untersuchenden Zweige wurden in fünf Abschnitten von jeweils 10 cm Länge getrennt ausgezählt.

Ergebnis:

Auf den unbehandelten Zweigen waren 12 Wochen nach der Übertragung noch 49—63 % der Läuse am Leben. Bei Anwendung von 0.03 % E 605 forte konnten sich 27 Tage nach der Behandlung die ersten der übertragenen Jungläuse (3 %) dauerhaft ansiedeln. Bei den nachfolgenden Übertragungen war noch eine allmählich abklingende Nachwirkung des Phosphorsäureesters zu beobachten, die aber 60 Tage nach der Spritzung restlos abgeklungen war. Bei der 0.05 %igen Anwendung des Mittels war die Dauerwirkung um mindestens 13 Tage verlängert. Die erste Neuinfektion gelang 40 Tage nach der Spritzung. Ob eine Nachwirkung am 71. Tage nach der Behandlung noch bestand, ist nicht mehr einwandfrei anzugeben. Bis zum 11. Tage nach der Behandlung mit 0.03 % E 605 forte und bis zum 16. Tage nach der Behandlung mit 0.05 % war der Rückstand noch so hoch, daß die meisten Jungläuse starben, ehe sie in der Lage waren, einen Weißschild zu bilden. Bei den nachfolgenden Übertragungen hatten die meisten der gestorbenen Läuse erst einen Weiß- oder Grauschild ausgebildet; ein geringer Prozentsatz starb im Schwarzschildstadium ab.

Tabelle 3. Freilandübertragungen von San José-Schildläusen auf Apfelzweige, die mit Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat (E 605 forte) am 13. 6. 1951 behandelt wurden. Apfelsorte: Weiße Wachsrenette.

Nr.	Tag der SJS-Übertragung		19.6.	24.6.	29.6.	10.7.	17.7.	23.7.	5.8.	12.8.	23.8.	5.9.	21.9.
	Tage nach der Behandlung		6	11	16	26	34	40	53	60	71	84	100
1	Unbehandelte Kontrolle	a	521	318	451	582	273	339	310	291	126	301	622
		b	302	200	244	378	136	166	179	183	77	177	324
		c	58	63	54	65	50	49	58	63	61	59	52
2	Behandelt mit 0,03 % E 605 forte	a	628	280	511	637	196	412	381	263	270	411	704
		b	0	0	0	18	39	198	206	161	154	238	345
		c	0	0	0	3	20	48	54	61	57	58	49
3	Behandelt mit 0,05 % E 605 forte	a	712	348	420	592	248	438	312	229	185	501	630
		b	0	0	0	0	0	8	90	96	85	306	340
		c	0	0	0	0	0	2	29	42	54	61	54

a = Ges. Zahl der übertragenen Schildläuse
b = Zahl der lebenden San José-Schildläuse nach 12 Wochen
c = Zahl der lebenden San José-Schildläuse nach 12 Wochen in %

Die Ergebnisse stimmen gut mit denjenigen überein, die bei der Rindenextraktion erhalten wurden. Danach war das Diäthyl-p-nitrophenylthiophosphat bei der Spritzung mit 0.03 % E 605 forte nach 45 Tagen und bei derjenigen mit 0.05 % nach rund 60 Tagen verschwunden.

Versuch 2 (Tab. 4)

Am 18. 7., 27. 7., 2. 8., 23. 8. und 20. 9. 1951 wurde jeweils ein 11-jähriger Apfelbusch der Sorte „Rheinischer Krummstiel" mit 20 l 0.03 % E 605 forte und ein weiterer Apfelbusch mit einer 0.05 %igen Brühe gründlich gespritzt.

Zu 3 verschiedenen Zeitpunkten wurden im Labor Übertragungen von Schildläusen auf 2—3jährigen Zweigabschnitten, die von den Bäumen abgeschnitten waren, vorgenommen. Jeder in der Tabelle angegebene Wert ist durch die Auswertung von 5 Zweigen, die mit San José-Schildläusen besiedelt worden waren, gewonnen worden.

Ergebnis:

Die Auswertung nach 10 Wochen ergab ein Bild, das dem vorhergegangenen Versuch im Freiland ähnlich war. Bei der Spritzung mit 0.03 % E 605 forte war die Nachwirkung über eine Zeit von 18 Tagen so hoch, daß sämtliche übertragenen Läuse starben. Bei der Übertragung, die 28 Tage nach der Behandlung vorgenommen wurde, konnten 7 % der übertragenen Läuse die Rückstandswirkung des Phosphorsäureesters überleben; am 34. Tage waren es 17 %. Bei der Spritzung mit 0.05 % war eine Wirkungsverlängerung um weitere 20 Tage zu beobachten.

Thiem (10) beobachtete im Freiland eine nachhaltige Wirkung des E 605 forte von mindestens 3 Monaten auf der Rinde von Zierkirschen (*Prunus sessulata* L.). Die Spritzungen lagen am 7. 7. 1951 mit 0.05 %

Tabelle 4. Labor-Übertragungen von San José-Schildläusen auf Apfelzweige, die mit Diäthyl-p-nitrophenylthiophosphat (E 605 forte) behandelt wurden (1951). Apfelsorte: Rheinischer Krummstiel.

Nr.	Tage der Behandlung mit E 605 forte		23. 8.	20. 9.	20. 9.	2. 8.	27. 7.	23. 8.	18. 7.	23. 8.	2. 8.	27. 7.	2. 8.	18. 7.	27. 7.	18. 7.
	Tag der Übertragung		5. 9.	8. 10.	18. 10.	5. 9.	5. 9.	8. 10.	5. 9.	18. 10.	8. 10.	8. 10.	18. 10	8. 10.	18. 10.	18. 10.
	Übertragung in Tagen nach der Behandl.		13	18	28	34	40	46	49	56	67	73	77	82	83	92
1	Unbehandelte Kontrolle	a	521	611	417	608	711	413	462	372	531	598	427	319	385	398
		b	271	373	224	298	405	198	180	193	314	323	256	201	216	183
		c	52	61	54	49	57	48	39	52	59	54	60	63	56	46
2	Behandelt mit 0,03% E 605 forte	a	418	511	438	619	612	387	533	418	291	485	423	397	401	302
		b	0	0	29	10	248	180	233	214	135	277	259	194	220	159
		c	0	0	7	16	40	47	44	51	46	57	61	49	55	53
3	Behandelt mit 0,05% E 605 forte	a	311	572	413	519	589	293	491	317	381	472	433	365	392	299
		b	0	0	0	0	0	8	35	91	194	250	208	222	203	180
		c	0	0	0	0	0	3	7	29	51	53	48	61	53	60

a = Gesamtzahl der übertragenen San José-Schildläuse
b = Zahl der noch lebenden San José-Schildläuse nach 10 Wochen
c = Zahl der noch lebenden San José-Schildläuse in % nach 10 Wochen

und 0.1 % E 605 forte. Die Zweige der Kirschen waren von San José-Schildläusen stark verkrustet. Die Zahl der toten Läuse war in diesem Versuch bis zur letzten Kontrolle am 12.10.1951 im Vergleich zu 2 vorausgegangenen Auswertungen noch angestiegen. Die längere Nachwirkung ist in diesem Fall auf die Rindenbeschaffenheit zurückzuführen, da die Kirschen wie die Johannisbeeren Ringelborke ausbilden.

3. Übertragung von San José-Schildläusen auf Äpfel

Vers. 1 (Tab. 5)

Ein 11 jähriger Apfelbusch der Sorte „Weiße Wachsrenette" wurde am 13. 6. mit 0.03 % E 605 forte gespritzt. Die Äpfel waren alle gut benetzt. Auf Äpfel, die am Baum gekennzeichnet worden waren, wurden nach der beschriebenen Methode Jungläuse zu den in der Tabelle angegebenen Zeitpunkten übertragen. 6 Wochen später erfolgte die Auswertung. Ein Teil der Äpfel ging bis zur Schlußkontrolle durch vorzeitiges Abfallen verloren und konnte nicht mehr ausgewertet werden; daher rührt die verschiedene Zahl der im Versuch eingesetzten Früchte.

Ergebnisse:

1. Am 20. 6., 7 Tage nach der Spritzung gelang

keine Übertragung. Am 22. 6. hatten sich von den 375 übertragenen Läusen 25 festgesetzt, konnten aber keinen zusammenhängenden Schild bilden; bis zum 30. 6. waren sie alle abgestorben.

2. Von den am 24. 6., 11 Tage nach der Spritzung, abgestauchten Läusen überstanden 2.1 % die Rückstandswirkung von 0.03 % E 605 forte und konnten sich bis zum 31. 7. zu Nymphen und Pronymphen entwickeln.
3. 18 Tage nach der Behandlung war die Apfeloberfläche noch so toxisch, daß nur 15 % von den insgesamt 912 übertragenen San José-Schildläusen sich weiterentwickeln konnten.
4. Bei der Infektion, die 29 Tage nach der E 605-Spritzung erfolgte, hatten sich fast ebenso viele Jungläuse bis zu den erwachsenen Stadien — wie bei der unbehandelten Kontrolle — weiterentwickelt. Der geringe Unterschied läßt sich nicht sichern.
5. Bei der Infektion, die nach 39 Tagen vorgenommen wurde, ist die Nachwirkung des Phosphorsäureesters schon soweit abgeklungen, daß sich zwischen „Behandelt" und „Unbehandelt" kein Unterschied mehr beweisen läßt. Die vielleicht gegebene geringe Nachwirkung ist praktisch bedeutungslos.

Vers. 2 (Tab. 6)

Am 23. 8. 1951 wurde eine Spritzung von 0.03 % und 0.05 % E 605 forte an einem Matapfelbaum, einer anfälligen Lokalsorte, vorgenommen. Alter des Baumes etwa 40 Jahre. Seine Ostseite wurde mit 25 l 0.03 % E 605 forte gespritzt, die gegenüberliegende Hälfte mit 25 l 0.05 %.

In den in der Tabelle angegebenen Zeitabständen nach der Spritzung wurden bei diesem Versuch die Äpfel vom Baum entnommen und in einem Raum bei 20° C und 90—95 % rel. Luftfeuchtigkeit aufbewahrt, nachdem mit der bereits beschriebenen Methode Jungläuse aufgesetzt worden waren. Die Schildläuse entwickeln sich hier gleichmäßiger als im Freiland. Die

Tabelle 5. Übertragungen im Freiland von San José-Schildläusen auf Äpfel der Sorte „Weiße Wachsrenette", die am 13. 6. 51 mit Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat (0,03 % E 605 forte) behandelt wurden.

E 605 forte Konz.	Tag der Übertragung	Tage nach der Behandl.	Zahl der Äpfel	Zahl der übertrag. SJS	Tag der Schlußkontrolle	Zahl der lebenden SJS absolut	Zahl der lebenden SJS %
Unbehandelt	20. 6.	7	4	220	30. 6.	103	47
0,03 %			8	375		0	0
Unbehandelt	24. 6.	11	4	227	31. 7.	131	48,2
0,03 %			9	627		13	2,1
Unbehandelt	1. 7.	18	5	471	15. 8.	279	59
0,03 %			11	912		136	15
Unbehandelt	12. 7.	29	7	515	29. 8.	291	57
0,03 %			12	743		379	51
Unbehandelt	23. 7.	39	6	191	7. 9.	120	63
0,03 %			11	414		234	56

Tabelle 6. Übertragungen im Labor von San José-Schildläusen auf Äpfel der Sorte „Matapfel", die am 23. 8. 51 mit Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat (E 605 forte) behandelt wurden.

Nr.	E 605 forte Konz. %	Tag der Übertrag. (nach Tagen)	Zahl der Äpfel	Zahl der SJS-Übertrag.	Tag der Kontrolle	Zahl der lebenden SJS absolut	Zahl der lebenden SJS %
1	Unbehandelt	31. 8.	18	723	7. 9.	311	43
	0,03	(8)	17	751		0	0
	0,05		15	693		0	0
2	Unbehandelt	3. 9.	10	611	15. 10.	293	48
	0,03	(11)	16	913		7	1
	0,05		18	981		0	0
3	Unbehandelt	7. 9.	12	829	19. 10.	256	31
	0,03	(15)	8	718		43	6
	0,05		9	804		18	2
4	Unbehandelt	13. 9.	11	628	25. 10.	277	44
	0,03	(21)	13	609		128	21
	0,05		16	911		83	19
5	Unbehandelt	18. 9.	14	1291	30. 10.	650	52
	0,03	(26)	18	1583		569	36
	0,05		12	972		224	23
6	Unbehandelt	23. 9.	12	830	4. 11.	382	46
	0,03	(31)	11	842		329	39
	0,05		11	919		266	29
7	Unbehandelt	8. 10.	13	773	19. 11.	302	39
	0,03	(46)	10	671		275	41
	0,05		9	595		262	44
8	Unbehandelt	18. 10.	14	851	29. 11.	340	40
	0,03	(56)	15	840		319	38
	0,05		14	768		330	43

Äpfel der unbehandelten Kontrolle entstammten einem Nachbarbaum der gleichen Sorte entsprechenden Alters.

Ergebnisse:

1. Die 8 Tage nach der Spritzung übertragenen Läuse waren nach wenigen Tagen schon gestorben.
2. Von den Läusen, die 11 Tage nach der Spritzung übertragen worden waren, konnten sich bei 0.03 % E 605 forte 1 % normal weiterentwickeln. Auf den Äpfeln, die mit 0.05 % behandelt worden waren, starben sämtliche Läuse spätestens im Weißschildstadium ab. Die Verfärbung der Apfeloberfläche war bis zu diesem Zeitpunkt noch unbedeutend.
3. 15 Tage nach der Spritzung gelang die erste Infektion auf den mit 0.05 % behandelten Äpfeln. Jedoch waren bei der letzten Kontrolle — 7 Wochen nach der Übertragung — nur noch 2 % der Läuse am Leben, die kein Zeichen irgend einer Schädigung aufwiesen.

4. Bei den später vorgenommenen Übertragungsversuchen stieg die Zahl der Läuse, die sich ohne eine sichtbare Schädigung ansiedeln und weiterentwickeln konnten, laufend an. Die letzten Nachwirkungen waren bei der Infektion zu beobachten, die 31 Tage nach der Behandlung vorgenommen worden war. Unter Nr. 7 und 8 unterschieden sich die San José-Schildläuse bezüglich der Entwicklung als auch der Zahl auf den bespritzten Äpfeln nicht mehr von denjenigen auf den unbehandelten Früchten.

Die Labor- und Freilandversuche stimmen in den Ergebnissen überein. Für die praktische Anwendung des E 605 forte ergibt sich, daß Apfelzweige durchschnittlich 27 (0.03 %) bis 40 (0.05 %) Tage vor einer Neuinfektion durch die San José-Schildlaus geschützt sind. Auf Früchten entwickeln sich die ersten Schildläuse, die 10 bis 15 Tage nach der Behandlung übertragen werden.

V. Ausbreitung der Phosphorsäureester auf der Rinde

Für die praktische Anwendung des E 605 ist die Frage von Bedeutung, ob sich das Mittel nach einer Spritzung von den benetzten Rindenteilen aus seitwärts ausbreitet.

Thiem (10) stellte in Laborversuchen mit Diäthyl-p-nitrophenylthiophosphat und der entsprechenden Dimethyl-Verbindung auf der Rinde von Johannisbeeren fest, daß keine seitliche Ausbreitung der Mittel in einer Größe, die auf San José-Schildläuse schädigend wirkt, erfolgt. Befallene Johannisbeerzweige wurden zu diesem Zweck bis zu einer markierten Stelle in 0.05 % E 605 eingetaucht; bei anderen Zweigen wurden nur Teilabschnitte behandelt. Läuse, die außerhalb der benetzten Rindenabschnitte saßen, wurden nicht geschädigt. Dieses Ergebnis wurde in folgendem Versuch auf der Rinde von 2—3 jährigen Apfelzweigen bestätigt.

30 stark befallene Zweige eines 40 Jahre alten Apfelbaumes (Matapfel) wurden in einer Länge von 20 cm ringsum mit 0.05 % E 605 forte (10. 7.) bepinselt. Das bepinselte Zweigstück wurde durch einen Bindfaden, der mit Stecknadeln befestigt wurde, begrenzt. Der Bindfaden wurde nach der Applikation des Mittels wieder abgenommen. Die erste Kontrolle erfolgte nach 4 Wochen an 15 Zweigen. Es wurde a) die Zahl der toten Läuse auf den 1 cm breiten Rindenstreifen, die sich an das behandelte Zweigstück nach oben und unten anschlossen, festgestellt. Ein 1 mm breiter Streifen entlang der Behandlungsgrenze blieb unberücksichtigt. b) die Zahl der toten Läuse wurde an gleichaltrigen unbehandelten Zweigen ebenfalls auf 1 cm breiten Astringen festgestellt.

Auf jedem einzelnen Streifen wurden 100 Läuse ausgezählt, also insgesamt 3000 Läuse auf den 2×15 Grenzstreifen der behandelten Zweige und 3000 Läuse auf 2×15 Streifen der nicht behandelten Zweige. Auf den unbehandelten Zweigen waren durchschnittlich 40.2 ± 1.3 % und auf den behandelten Zweigen durchschnittlich 41.3 ± 0.96 % tot. Ein Unterschied ist demnach nicht gegeben. Die geringe Abweichung kann als innerhalb der natürlichen Streuung liegend angenommen werden. Auf den bepinselten Feldern waren 98 % der Läuse abgestorben. Die zweite Kon-

trolle erfolgte 8 Wochen nach der Behandlung auf den noch verbliebenen 15 Zweigen. Auf den unbehandelten Zeigen wurden 46.1 ± 1.4 % Tote gezählt und auf den Streifen der behandelten Zweige 46.4 ± 1.1 % Tote.

In Übereinstimmung mit THIEM ist demnach eine Fernwirkung des E 605 über 1 mm von benetzten Rindenstellen nach unbenetzten Teilen nicht gegeben.

VI. Praktische Bekämpfungsversuche mit Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat

Aus einer größeren Anzahl von Spritzungen, die am Institut durchgeführt wurden (THIEM 10), hat sich ergeben, daß ein 100 %iger Erfolg mit einer Behandlung nicht erreicht werden kann. Eine gewisse Ausnahme bildete das Jahr 1947. Die guten Erfolge werden hier der höheren Temperatur zugeschrieben. Auf jungen Bäumen, von deren Rinde sich nur sehr wenige oder noch keine Schuppen gelöst hatten, war die erreichte Abtötung durchschnittlich stets höher als auf älteren Bäumen, wo ein Teil der Läuse unter Rindenschuppen verborgen saß und von der Spritzbrühe nicht direkt getroffen werden konnte. Unvollständig bleibt der Erfolg einer Bekämpfung auch bei sehr starkem Befall, wenn ganze Rindenpartien von alten Schildläusen verkrustet sind. Jungläuse, die sich unter solchen Schilden festsetzen, entgehen zu einem großen Teil der tödlichen Esterwirkung. Man findet auf solchen Bäumen auch genügend erwachsene Weibchen unter alten Schilden abgestorbener Läuse, die, ohne irgend eine Schädigung nach einer Behandlung mit Phosphorsäureester zu zeigen, Jungläuse gebären.

Von diesen Läusen, die geschützt unter Rindenschuppen und Schilden abgestorbener Altläuse sitzen, kann nach 6—8 Wochen, wenn die Nachwirkung des Phosphorsäureesters abgeklungen ist, verhältnismäßig rasch eine Neubesiedlung des behandelten Baumes erfolgen.

Die einzelnen Entwicklungsstadien der San José-Schildlaus sind verschieden empfindlich. Mit zunehmendem Alter steigt die Resistenz gegenüber den Phosphorsäureestern.

Auf Grund dieser Erfahrungen wurden einige Spritzungen im Spätsommer und Herbst durchgeführt und dabei folgende Überlegungen angestellt:

Es überwintern nur diejenigen Larven der San José-Schildlaus, die sich bis zum Eintritt des Frostes nicht über das Schwarzschildstadium entwickelt haben. Diese Läuse müßten mit Phosphorsäureester leichter zu bekämpfen sein, da sie noch empfindlicher als die älteren Larvenstadien sind. Altläuse brauchen nicht mehr vernichtet werden, da sie über Winter ohnehin absterben. Die Spritzung muß jedoch so liegen, daß die Residualwirkung so lange anhält, bis die letzten Jungläuse, die überwintern können, geboren werden. Fraglich war, ob die Esterwirkung bei den niedrigen Herbsttemperaturen noch ausreicht, um die ersten Stadien der San José-Schildlaus zu vernichten.

Bekämpfungsversuche auf Johannisbeeren (Tab. 7):

Am 23. 8., 4. 9. und 19. 10. 1951 wurden je 10 Johannisbeerstöcke der Sorte „Rote Kirsch" mit 0.03 % E 605 forte so gründlich gespritzt, daß die Spritzung einer Abwaschung gleichkam. Auf der Rinde blieb keine

Stelle unbenetzt. Die Stöcke hatten ein Alter von etwa 12 Jahren und waren von der San José-Schildlaus stark befallen.

Das Auslaufen der Herbstgeneration der San José-Schildlaus erreichte gegen Mitte September einen Höhepunkt und erstreckte sich noch über den ganzen Oktober.

Von den 10 Stöcken wurden insgesamt 30 Zweigstücke, die 1—8 Jahre alt waren, entnommen und von jedem Zweigstück 100 Schildläuse ausgezählt. Bei der Auswertung wurden nur die Larvenstadien 1 und 2 berücksichtigt, da diejenigen Larven, die sich bis zum Eintritt der Frostperiode zum zweitenmal gehäutet haben, die Wintermonate nicht überleben.

Die Ergebnisse der 3 Spritzungen waren gut und verliefen nahezu einheitlich. Die Abtötungsziffern liegen durchschnittlich über denjenigen, die mit einer Frühsommerbehandlung erzielt werden können (Thiem 10, Marr 5). Die Nachwirkungen der ersten Behandlungen reichten aus, um eine Neubesiedlung durch die nachträglich geborenen Jungläuse zu verhindern. Bei der letzten Spritzung waren vorwiegend die gegen den Ester weniger widerstandsfähigen Weiß- und Grauschilde vorhanden, die auch bei niedrigeren Durchschnittstemperaturen, die vom 20.—30. Oktober zwischen 7 und 13° C schwankten, weitgehend vernichtet werden konnten. Diese Behandlung hatte gegenüber den anderen den Vorteil, daß zu dem späten Zeitpunkt (19. 10.) die Johannisbeerbüsche ihre Blätter fast völlig verloren hatten und daher besser benetzt werden konnten.

Die wenigen überlebenden Schildläuse, die sich bis zu der letzten Nachschau (17. 5. 1952) zu fast erwachsenen Weibchen entwickelt hatten, saßen unter den toten Körpern und Schilden erwachsener Altläuse.

Tabelle 7. Bekämpfungsversuche der San José-Schildlaus auf Johannisbeerbüschen der Sorte „Rote Kirsch" mit Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat (0,03 % E 605 forte) im Herbst 1951.

Nr.	Tag der Behandlung	Zahl der behand. Büsche	Tag der Kontrolle	Von 3000 SJS lebend	Von 3000 SJS tot %	Wirksamkeit %
1	Unbehandelte Kontrolle	8	27. 10.	1763	41,2 ± 2,9	
			19. 5.	652	68,3 ± 2,6	
2	23. 8.	10	15. 10.	46	98,5 ± 0,24	—
			26. 10.	76	97,5 ± 0,34	95,7
			17. 5.	5	99,8 ± 0,09	99,2
3	4. 9.	10	27. 10.	57	98,1 ± 0,13	96,8
			18. 5.	4	99,8 ± 0,08	99,4
4	19. 10.	10	20. 12.	473	84,2 ± 1,3	—
			17. 5.	14	99,5 ± 0,11	97,9

Die Zahl der toten San José-Schildläuse in % mit den wahren mittleren Fehlern ist durch Auswertung von je 30 × 100 San José-Schildläusen gewonnen worden.

Bekämpfungsversuche mit Apfelbüschen (Tab. 8):

Gleichzeitig mit der Behandlung der Johannisbeerstöcke am 23. 8., 4. 9. und 19. 10. 1951 wurden 12jährige Apfelbüsche der Sorte „Weißer

Klarapfel" ebenso gründlich mit 0.03 % und 0.05 % E 605 forte behandelt. Je Baum wurden etwa 25 l Brühe verbraucht. Die Bäume waren mittelstark befallen und zeigten im Wuchs noch keine Beeinträchtigung durch die Schildläuse.

Die Auswertung erfolgte in gleicher Weise wie bei den Johannisbeerstöcken. Die einzelnen Werte der Tabelle mit den wahren mittleren Fehlern sind durch Untersuchung von 30 Zweigen, an denen jweils 100 Läuse abgehoben wurden, gewonnen worden. Jeder angegebene Prozentwert an toten Läusen resultiert demnach aus der Untersuchung von 3000 Läusen. Damit konnte der mittlere Fehler des Mittelwertes weitgehend verringert werden.

Die erreichten Abtötungsziffern liegen ebenfalls hoch, aber durchweg unter denjenigen, die bei der Bekämpfung der Schildläuse auf den Johannisbeerstöcken erhalten wurden. Das dürfte mit dem bereits besprochenen abweichenden Verhalten des Phosphorsäureesters auf der Rinde der Apfelbüsche gegenüber dem Verhalten auf der Rinde der Johannisbeerstöcke zu erklären sein.

Das beste Ergebnis konnte mit der Behandlung am 4. 9. (0.05 %) erhalten werden. Offenbar beeinflußten bei der letzten Spritzung die niedrigeren Temperaturen die Wirksamkeit etwas. Die Nachwirkungen der Spritzungen am 23. 8. reichten wahrscheinlich nicht aus, um eine von den überlebenden Altläusen ausgehende Neubesiedlung durch Jungläuse zu verhindern. Etwa die Hälfte der Läuse, die sich bis Mai 1952 zu erwachsenen Weibchen entwickelt hatten, saß auf glatten Rindenteilen, die von

Tabelle 8. Bekämpfungsversuche der San José-Schildlaus auf Apfelbäumen der Sorte „Weißer Klarapfel" mit Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat (E 605 forte) im Herbst 1951.

Nr.	Tag der Behandlung	E 605 forte Konz. %	Zahl der untersuchten Bäume	Tag der Kontrolle	Von 3000 SJS		
					lebend	tot %	Wirks. %
1	Unbehand. Kontrolle		4	19. 12. 15. 5.	2124 1238	29,0 ± 3,1 58,7 ± 2,0	
2	23. 8.	0,03	1	16. 12. 15. 5.	274 86	90,9 ± 1,3 97,1 ± 0,31	87,1 93,1
3	23. 8.	0,05	1	17. 12. 16. 5.	195 67	93,5 ± 2,0 97,8 ± 0,41	90,8 94,6
4	4. 9.	0,03	2	17. 12. 16. 5.	180 46	94,0 ± 1,7 98,5 ± 0,21	91,5 96,3
5	4. 9.	0,05	1	18. 12. 17. 5.	93 22	96,9 ± 0,61 99,3 ± 0,12	95,6 98,2
6	19. 10.	0,03	1	18. 12. 17. 5.	528 134	82,4 ± 2,7 95,5 ± 1,2	75,1 89,2
7	19. 10.	0,05	1	19. 12. 17. 5.	477 65	84,1 ± 1,9 97,8 ± 0,8	77,5 94,7

Die Prozentzahlen der toten San José-Schildläuse mit den wahren mittleren Fehlern sind durch Auswertung von je 30 × 100 San José-Schildläusen gewonnen worden.

der Spritzbrühe wahrscheinlich getroffen worden waren. Der andere Teil der lebenden Läuse hatte sich unter den Schilden und vertrockneten Körpern der Altläuse festgesetzt.

Insgesamt betrachtet war auch bei diesen Behandlungen der Erfolg größer als bei Spritzungen, die im Früh- oder Hochsommer getätigt werden (Thiem 10, Marr 5).

VII. Die Wahl des Spritztermines bei der San José-Schildlaus-Bekämpfung mit Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat

In der Praxis sollte der Zeitpunkt einer E 605-Anwendung nach den Gesichtspunkten der größeren Empfindlichkeit der Junglarven und der Wirkungsdauer von 40 Tagen (0.05 % E 605 forte) gegen diese ausgewählt werden. Daher wird etwa im letzten Junidrittel, wenn die Zahl der auslaufenden Jungläuse den Höhepunkt erreicht hat, ein optimaler Erfolg erzielt werden können, da die bereits festgesetzten Jungläuse leicht vernichtet werden können und über Juli gegen die nachträglich geborenen ein wirksamer Schutz besteht. Im August erscheinen verhältnismäßig wenig Jungläuse. Die Herbstgeneration wird gewöhnlich erst im Laufe des September geboren. Die vorgeschlagene Behandlung läßt sich mit der Bekämpfung des Apfelwicklers, der Blattläuse, der Roten Spinnmilben und Blattminierer vereinigen, so daß sich eine Bekämpfungsmaßnahme in den meisten Fällen lohnt.

Sehr aussichtsreich ist auch eine Behandlung, die im September gegen die Herbstgeneration durchgeführt wird, da die geringere Wirksamkeit des Esters bei den gewöhnlich niedrigeren Temperaturen durch die größere Empfindlichkeit der überwinternden Junglarven ausgeglichen wird. Diese Bekämpfung ist auch deshalb vorteilhaft, weil nach Enser (2) die Herbstgeneration die schädlichste sein soll. Diese Läuse gelangen mit ihren Borsten vorwiegend nur bis zum Kambium, da das Holz inzwischen ausgebildet ist. Die Spätstadien der überwinternden Läuse sowie die Sommergeneration sollen weniger schädlich sein, denn ihre Saugstiche reichen meist bis in die Xylemschicht.

Auf Grund der günstigen Bekämpfungsmöglichkeiten, die mit E 605 auch zu einer späten Jahreszeit noch gegeben sind, ist die San José-Schildlaus selbst dort keine unüberwindliche Gefahr, wo eine Winterbehandlung aus Rücksicht auf die Unterkulturen unterbleiben muß.

Zusammenfassung

1. Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat (E 605) ist zur Zeit das beste Sommerbekämpfungsmittel gegen die San José-Schildlaus. 0,05 % E 605 forte war in einem Versuch Systox 0,2 % und Pestox III 0,3 % auch in der Dauerwirkung überlegen.
2. Die Wirksamkeit des E 605 forte ist von der Temperatur abhängig. Sie betrug im Laboratorium bei 8—14° 50—90 % und stieg bei Zimmertemperatur bis auf 100 %. Die hohe Wirksamkeit war auch dann noch gegeben, wenn behandelte Zweige nach 14 tägigem Verbleiben in einem kühlen Raum (8—14° C) in höhere Temperatur gebracht wurden.

3. In der äußeren Korkschicht der Apfelrinde war Diäthyl-p-nitrophenylthiophosphat bis zu 32 Tagen (0,03 % E 605 forte) bzw. 50 Tagen (0,05 %) nach der Behandlung nachzuweisen. Das 0,2—0,3 mm unter der Korkschicht liegende Bast- und Parenchymgewebe enthielt von 20—45 Tagen nach der Behandlung (0,05 % E 605 forte) nur geringe Mengen des Insektizides (bis 0,02 mg/30 cm^2). Der sekundäre Holzteil war völlig frei von Wirkstoff. Das Eindringungsvermögen des Esters betrug damit höchstens 1 mm.
4. Auf Johannisbeerrinde wurde E 605 forte in der äußeren Korkschicht 90 Tage in fast gleicher Höhe festgehalten. Im darunterliegenden Bastteil war kein Wirkstoff nachzuweisen. Das abweichende Verhalten des Esters auf Johannisbeeren gegenüber demjenigen auf Apfelrinde findet eine Erklärung in der verschiedenen Borkenbildung.
5. 27—28 Tage nach den Behandlungen mit 0,03 % E 605 forte gelang es, die ersten Jungläuse auf Apfelzweigen anzusiedeln. Die teilweise Nachwirkung war nach insgesamt 40—60 Tagen restlos abgeklungen. 0,05 % E 605 forte verlängerte die Dauer der Wirkung um weitere 13—20 Tage.
6. Mit 0,03 % E 605 forte behandelte Äpfel (Juni und August) konnten erstmals nach 11 Tagen, die mit 0,05 % behandelten nach 15 Tagen mit wenigen Jungläusen besiedelt werden. Eine Nachwirkung über etwa 30 Tage bestand nicht.
7. Eine Fernwirkung des E 605 forte auf die San José-Schildlaus über 1 mm von benetzten nach unbenetzten Rindenteilen ist nicht gegeben.
8. Mit Freilandbehandlungen im Herbst (28. 8.—19. 10.) wurden auf Johannisbeeren 99,5—99,8 % und auf Apfelbüschen 97,8—99,3 % der überwinternden Schildläuse vernichtet. Diese Erfolge sind durch Sommerbehandlungen gewöhnlich nicht zu erreichen. Deshalb wird die verringerte Wirkung des E 605 bei niedrigen Temperaturen offenbar durch die größere Empfindlichkeit der Jungläuse mehr als ausgeglichen.
9. Als günstigster Zeitpunkt einer Behandlung mit E 605 forte werden das letzte Junidrittel und der September angesehen, wenn der größte Teil der Sommer- bzw. Herbstgeneration geboren wird.

Für die Unterstützung und Ratschläge zur Durchführung der Arbeit danke ich vor allem Herrn Oberregierungsrat Dr. H. Thiem und Herrn Prof. Dr. B. Rademacher.

Literaturverzeichnis

1. BLISS, C. I., The Calculation of the Dosage-Mortality Curve. Ann. appl. Biol. **22**, 1935, 134—167.
2. ENSER, K., Histologische Untersuchungen über den Saugstich von *Aspidiotus perniciosus* Comst. (San José-Schildlaus). Pflanzenschutzberichte **5**, 1950, 204—226.
3. FITTING, H., Morphologie, in: STRASBURGER, E., NOLL, F., SCHENK, H., SCHIMPER, A. F. W., Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. 15. Aufl., 1921, Jena.
4. LÜDICKE, M., Über biologische Besonderheiten der San José-Schildlaus im Zusammenhang mit der Wirkung von Phosphorsäureestern. Höfchen-Briefe **2**, 1950, 17—32.
5. MARR, G., Versuche über Sommerbekämpfung der San José-Schildlaus. Höfchen-Briefe **2**, 1949, 18—25.

6. Schuhmann, G., Untersuchungen über die Einwirkung von Phosphorsäureestern auf Schädlinge im Obstbau (*Rhagoletis cerasi* L., *Laspeyresia funebrana* Tr., *Hoplocampa minuta* Christ., *Hoplocampa flava* L. und *Quadraspidiotus perniciosus* Comst.) Dissertation Landw. Hochschule Hohenheim 1952.

6a. — — Untersuchungen über die Einwirkung von Phosphorsäureestern auf Fruchtschädlinge im Steinobst (*Rhagoletis cerasi* L., *Laspeyresia funebrana* Tr., *Hoplocampa minuta* Christ. und *Hoplocampa flava* L.) — Höfchen-Briefe Nr. 5, 239—289, 1953.

7. Thiem, H., Die San José-Schildlaus und ihre Bedeutung für den deutschen Obstbau. Flugbl. K 16 Biolog. Zentralanst. Braunschweig, 1. Aufl., Stuttgart 1949.

8. — — Vier Jahre Aufbauarbeit im Dienste des Obst- und Gartenbaues. Bad. Obst- u. Gartenb. **3**, 1950, 177—179, 195—200.

9. — — Die San José-Schildlausgefahr und ihre Überwindung. Reihe Agrarwissenschaft u. Agrarpol., Heft 15, Köln 1951.

10. — — Protokolle über unveröffentlichte Versuche des Institutes für Obstbau der Biologischen Bundesanstalt in Heidelberg.

Aus dem Institut für Pflanzenschutz
der Landwirtschaftlichen Hochschule Stuttgart-Hohenheim
Direktor: Prof. Dr. B. Rademacher

Tenuipalpus orchidarum Parfitt nun auch in deutschen Gewächshäusern

Von

Gudo Dosse

Mit 10 Abbildungen

Systematik

In europäischen Gewächshäusern sind an tropischen Orchideen bisher nur wenig Milben als schädlich bekannt. Die wichtigste ist *Tenuipalpus orchidarum*. Die Art wurde 1859 von Parfitt als *Acarus orchidarum* und 1875 von Donnadieu unter dem Namen *Brevipalpus pereger* beschrieben.

Donnadieu stellte 1875 die Gattungen *Tenuipalpus* und *Brevipalpus* auf, die er beide der Familie Tetranychidae zuordnete, seine Beschreibungen sind aber wenig inhaltsreich und ziemlich ungenau, das einzig verwertbare Unterscheidungsmerkmal sind die verdickten Pedipalpen bei der Gattung *Brevipalpus*. Für jede Gattung beschreibt Donnadieu neben der Type einen bis zwei Vertreter, darunter auch *Brevipalpus pereger*, von der er neben den Pedipalpen 2 Typen von Haaren und das erste rechte Bein in Zeichnungen wiedergibt.

Als Oudemans 1929 Spinnmilbenmaterial von *Phalaenopsis* sp. aus Java erhielt, bestimmte er die darauf lebende Art als *Brevipalpus pereger* und beschrieb sie erneut. Geijskes (1939) ordnete die Form wieder in die Gattung *Tenuipalpus* ein und gab ihr den Namen *Tenuipalpus orchidarum* Parfitt.

Außerhalb Europas wurde von Taher Sayed 1942 in Ägypten ebenfalls eine Milbenart unter dem Namen *Tenuipalpus orchidarum* Parfitt beschrieben, die dort aber an Wein und Granatapfel im Freiland schädlich in Erscheinung tritt. Auf diese Art wird später zurückzukommen sein. Seinerzeit wurde die Gattung *Brevipalpus* als Synonym von *Tenuipalpus* aufgefaßt.

Baker beschäftigte sich eingehend mit den Gattungen *Tenuipalpus* und *Brevipalpus* (1945, 1949) und kam zu der Ansicht, daß die von Donnadieu vorliegenden Gattungsbeschreibungen wegen ihrer Ungenauigkeit nicht mehr ausreichen. Er stützte sich auf die von Donnadieu angegebenen Typen *Tenuipalpus palmatus* und *Brevipalpus obovatus* und unterzog sich der Mühe, die Gattungsmerkmale neu herauszuarbeiten und daraufhin die beiden Gattungen streng voneinander zu trennen. Nach der Definition von Baker fällt das Hauptunterscheidungsmerkmal von Donnadieu (die verdickten Pedipalpen bei der Gattung *Brevipalpus*) ganz fort.

Für die Gattung *Tenuipalpus* stellt Baker folgende Gattungsmerkmale auf: Breites Propodosoma und verengtes Hysterosoma, geringe Streifung der Körperoberfläche und keine Netzstruktur, keine deutlich ausgebildeten Ventralplatten auf dem Hysterosoma, große Körperrandhaare, 4 Paar lanzettliche Randhaare am hinteren Teil des Körpers und ein Paar peitschenartiger, Pedipalpen dreigliedrig mit einem gebogenen halbgefiederten Haar und 1—2 glatten Haaren und einem Paar halbgefiederter Haare auf der Ventralseite des Rostrums. Als Type dieses Genus erkennt Baker *Tenuipalpus palmatus* an und beschreibt die Art an Hand von Material aus der Berlese-Sammlung.

Im Gegensatz dazu sind die Vertreter der Gattung *Brevipalpus* nach Baker durch folgende Merkmale ausgezeichnet: Der Körper ist eiförmig, flach, mit Netzstruktur; er zeigt eine deutliche Trennungslinie zwischen Propodosoma und Hysterosoma bei den Weibchen; die Beine sind meist geringelt und tragen Klauen; die Bauchseite besitzt gut ausgebildete Ventralplatten; das Propodosoma ragt frei hervor; auf der Ventralseite des Rostrums sitzen 2 einfache Haare; die Pedipalpen sind viergliedrig mit einem einzigen Haar auf dem 2. Segment, einem Paar auf dem 3. und 3 Haaren auf dem 4. Segment.

Unter Zugrundelegung dieser beiden Gattungsbeschreibungen ordnete Baker die von den einzelnen Autoren aufgestellten Arten in die Gattungen *Tenuipalpus* und *Brevipalpus* ein. Nach seiner Definition ist die in Holland von Oudemans als *Brevipalpus pereger* beschriebene Milbenart trotz einiger Unklarheiten eine Angehörige der Gattung *Tenuipalpus*. Dagegen muß man heute die von Geijskes 1939 auf Apfel gefundene und als *Tenuipalpus oudemansi* beschriebene Art in die Gattung *Brevipalpus* einreihen, und ebenso ist die von Dosse 1952 an Apfel im südwestdeutschen Raum festgestellte schädliche Milbenart *Brevipalpus oudemansi* Geijskes und nicht eine Angehörige der Gattung *Tenuipalpus*.

Baker stellt beide Gattungen in die Familie der *Phytoptipalpidae*. Nachstehend wird die heute gültige systematische Stellung der beiden Gattungen mit den hier genannten Vertretern noch einmal aufgeführt, die andern zu den einzelnen Gattungen gehörenden Arten interessieren in diesem Zusammenhang nicht.

Familie: *Phytoptipalpidae* Ewing 1922 (= *Pseudoleptidae* Oudemans 1928, = *Trichadenidae* Oudemans 1938, = *Tenuipalpidae Sayed 1950)*

2. Gattung der Familie: *Brevipalpus* Donnadieu 1875

Art: *Brevipalpus oudemansi* Geijskes (= *Tenuipalpus oudemansi* Geijskes)

9. Gattung der Familie: *Tenuipalpus* Donnadieu 1875

Art: *Tenuipalpus orchidarum* Parfitt 1859 (= *Acarus orchidarum* Parfitt, = *Brevipalpus pereger* Oudemans 1929).

Nach Schoevers und Geijskes kommt *Tenuipalpus orchidarum* in holländischen Gewächshäusern auf importierten Orchideen vor. In mehreren süddeutschen Gärtnereien, die sich mit der Zucht von tropischen Orchideen befassen, konnte *Tenuipalpus orchidarum* Parfitt jetzt ebenfalls nachgewiesen werden. Wie Erkundigungen ergaben, stammte das Pflanzgut entweder direkt aus Übersee oder aus einer norddeutschen Orchideenzüchterei (Celle), die laufend Pflanzen aus Übersee bezieht, vor allen

Dingen aus Ostasien, besonders Java. Aus der später zu besprechenden Biologie dieses Tieres ist auch bei strengsten Quarantänebetimmungen eine Einschleppung der Milbe mit Pflanzgut jederzeit möglich.

In den Orchideenhäusern von Celle wurde laut brieflicher Mitteilung diese Milbe an allen *Paphiopedilum-*, allen *Phalaenopsis-* und allen *Cattleyen-*Arten gefunden, zur Untersuchung kamen nur die eingesandten *Phalaenopsis-*Pflanzen. In den süddeutschen Gewächshäusern wurde die Art außerdem an *Dendrobium* sp. und *Cypripedium* sp. festgestellt, sie benutzt also mehr als die erstgenannten Orchideenarten als Brutpflanze.

Morphologie

Die in den süddeutschen Gewächshäusern und in Celle festgestellte Orchideenspinnmilbe entspricht in fast allen Punkten der in Holland gefundenen Form, wie nicht nur die Beschreibung und Zeichnung von OUDEMANS, sondern auch seine vorliegenden Originalpräparate beweisen. Trotz größter Bemühungen war es leider nicht möglich, aus Ägypten Vergleichsmaterial der von TAHER SAYED als *T. orchidarum* beschriebenen Art zu erhalten. Der Vergleich mußte sich daher auf die Beschreibung von TAHER SAYED mit den dazu gehörigen Abbildungen beschränken.

Die Weibchen von *Tenuipalpus orchidarum* sind blaßrot gefärbt und tragen schwarze Körpereinlagerungen. Nach 50 lebend frisch in Polyvenylalkohol-Gemisch eingelegten und sofort gemessenen Exemplaren wurde eine durchschnittliche Länge von 0,364 mm ± 0,002 und eine durchschnittliche Breite von 0,205 mm ± 0,001 errechnet. GEIJSKES gibt für die Länge der Weibchen 0,310 mm und für die Breite 0,180 mm an, demnach wären die von ihm gefundenen Tiere um ein bedeutendes kleiner. Es ist aber nicht ersichtlich, wieviel Exemplare GEIJSKES seinen Messungen zugrunde gelegt hat. Das Verhältnis von Länge zu Breite ist in beiden Fällen annähernd gleich.

Bei Betrachtung des Weibchens von der Seite erkennt man, daß der ganze Körper nach median zu kielartig aufgewölbt ist. Wie ein Schiffskiel verläuft die Wölbung vom Körperrand nach vorn und fällt zu den Pedipalpen hin ab. Der Körper ist durch eine Trennungslinie in 2 Teile geteilt. Diese wirkt wie eine Falte, die nicht ganz glatt und gerade durchgezogen ist, sondern ein wenig zitterig verläuft, vor allem in der Mitte. Zerlegt man die ausgekochten Exemplare zur besseren Untersuchung in ihre Einzelteile, so reißt der Milbenkörper an dieser Stelle ohne weiteres durch, ein Zeichen dafür, daß der Körper hier dünnhäutiger sein muß. Diese Körperfalte ist grobmorphologisch nicht so auffallend wie der mauerförmige Trennstreifen bei *Brevipalpus oudemansi*, man muß ihn aber trotzdem als Trennungslinie zwischen Propodosoma und Hysterosoma ansprechen. Auch GEIJSKES weist in seiner Beschreibung auf diese Linie hin.

Das Opistosoma ist um $^1/_3$ verschmälert, seine Seiten verlaufen fast parallel, das Hinterende ist abgerundet. Am Rande des Opistosoma sitzen 2 sehr lange geißelförmige Haare, die bei der Bewegung der Tiere nachgeschleppt werden. Sie sind länger als das längste Beinpaar. Um das Hinterende des Körpers herum stehen auf jeder Seite 4 beschuppte Haare von verschiedener Größe, die unterschiedlich stark verbreitert sind und sich auf kleinen Wärzchen erheben.

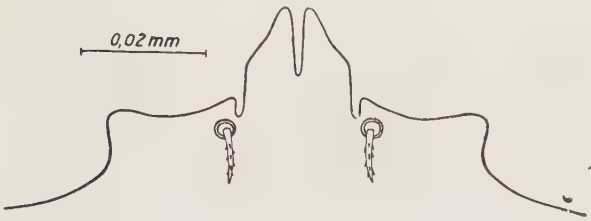

Abb. 1. Propodosoma

Der Propodosomavorderrand ist in 2 stumpfe Spitzen ausgezogen, jede Einzelspitze ist von dreieckiger Form (Abb. 1). GEIJSKES spricht davon, daß zu beiden Seiten dieser Spitzen ein gekörneltes kolbenförmiges Organ liegen soll. Hier handelt es sich nicht um ein gesondertes Organ, sondern die gesamte Oberfläche des Weibchens ist mehr oder minder fein gekörnelt. Zwischen dem 1. und 2. Beinpaar liegen die von GEIJSKES erwähnten stumpfen Fortsätze. Der vordere Propodosomarand verläuft von den Spitzen aus nicht gleichmäßig zum Rande, er zeigt in der Nähe der Basis einen kleinen Einschnitt. Neben diesem Einschnitt nach lateral steht je ein Haar.

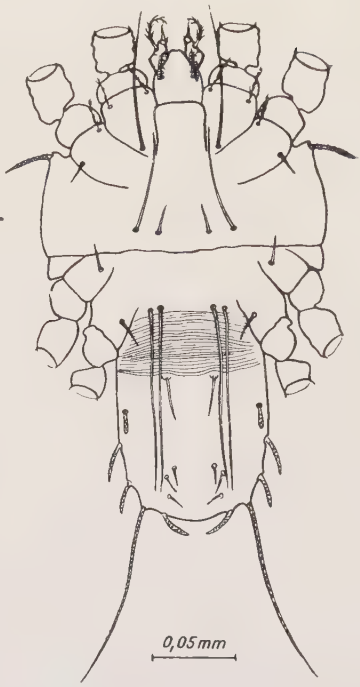

Abb. 2. ♀ Habitus ventral

Von den beiden Doppelaugen ist jeweils das vordere stärker pigmentiert und das hintere, größere ein wenig in die Länge gezogen. Zwischen den Augenpaaren findet sich ein kurzes Haarpaar, in Augenhöhe ganz lateral je ein großes, lanzettlich gestaltetes, das wiederum beschuppt ist. In der Medianlinie des Körpers, unterhalb des Trennstreifens, trägt der Rücken der Weibchen noch 3 kurze Haarpaare, und ganz lateral oberhalb des 3. Beinpaares und zwischen dem 3. und 4. Bein je ein weiteres.

Von der Ventralseite aus gesehen ist der Milbenkörper besonders auffällig geformt. Das Gnathosoma ist so breit gebaut, daß 2 stumpfe, nach vorn gezogene Schultern entstehen, in denen die Coxen und Trochanter II wie in Führungsleisten ruhen. Besonders ins Auge fallend sind die zwischen dem Trennstreifen und den Ansätzen der 3. Beinpaare hängenden, nasenartigen Fortsätze. Sie gehören zum Hysterosoma und sind vom 3. Beinpaar völlig getrennt und in jedem einzelnen Exemplar, in lebendem und auch fixiertem Zustand einwandfrei anzusprechen. Die von OUDEMANS eingebetteten Tiere besitzen diese auffälligen Fortsätze auch, nur treten sie durch die von ihm seinerzeit angewandte Präparationstechnik nicht so deutlich hervor. In einigen seiner Exemplare ließ sich dieser Hautlappen mit Sicherheit feststellen, während er bei andern durch die Haltung des 3. Beinpaares verdeckt wurde. Diese Lappen sind anscheinend der Aufmerksamkeit von OUDEMANS und GEIJSKES entgangen, letzterer erwähnt sie in seiner Beschreibung vom Jahre 1939 nicht, und auch auf den Zeichnungen von OUDEMANS sind sie nicht angedeutet.

Die Bauchseite des Weibchens ist stärker behaart als der Rücken, aber alle Haare sind feiner und z. T. wesentlich länger. Dicht oberhalb des

Trennstreifens finden wir 2 besonders lange, nach vorn gerichtete Haare mit 2 ganz kurzen in ihrer Mitte, in der Nähe der Coxen IV 4 sehr lang und fein ausgezogene quer nebeneinander, die fast bis an die Geschlechtsöffnung heranreichen und auf ihrem Wege dahin 2 Reihen mit 2 und 4 kürzeren Haaren überragen. Die Geschlechtsöffnung ist nur von 2 Paar Haaren umrahmt, im Gegensatz zu der Angabe von GEIJSKES, der 3 Paar an dieser Stelle angibt. Analplatten, wie sie die Weibchen der Gattung *Brevipalpus* aufweisen, fehlen der Orchideenspinnmilbe (Abb. 2).

Coxa III und IV besitzen je 1 Haar, Coxa II 2 Haare und Coxa I deren 3, davon ein sehr langes, glattes und 2 kurze abstehend behaarte, GEIJSKES gibt die gleiche Anzahl an. Die Pedipalpen sind stark verdickt. Der Palptarsus ist klein, schmal, und an seinem äußersten Ende sind ein langes und ein kurzes gerades Sinneshaar eingelenkt. Bei der Aufsicht von dorsal werden diese Sinneshaare von einer nach innen gekrümmten, federartig zerschlissenen Borste überdeckt, die am Dorsalrand des Femurs entspringt. Der Femur erscheint von ventral gesehen zweiteilig. Eine gut ausgebildete Falte durchzieht ihn bis nach dorsal, wo aber ein Stück ausgespart ist, so daß der Ring nicht geschlossen wird und der Femur an dieser Stelle ein geschlossenes Ganzes bildet (Abb. 3). OUDEMANS zeichnet dorsal und ventral einen verschiedenen Aufbau der Pedipalpen, während GEIJSKES von verdicktem Femur und verdickter Tibia spricht, auf der die große gekrümmte Borste sitzen soll. Nach GEIJSKES bestehen demnach die Pedipalpen aus 4 Teilen, im Gegensatz zur Gattungsbeschreibung von BAKER, der für die *Tenuipalpus*-Arten dreigliedrige Pedipalpen angibt. OUDEMANS zeichnet auf der Ventralansicht der Pedipalpen zwischen Tarsus und Tibia einen kleinen Ring, der dorsal nicht angegeben ist. Dieser Ring ist auf allen vorliegenden Präparaten als ein Wulst zu erkennen, auf dem der Tarsus steht. Eine Entscheidung darüber, ob es sich hier um die reduzierte Tibia handeln könnte, ist zur Zeit noch nicht zu treffen, und damit bleibt die Frage offen, aus wieviel Teilen sich die Pedipalpen zusammensetzen. Die von TAHER SAYED gefundene ägyptische Art besitzt rel. schlanke Pedipalpen und außer den beiden Sinneshaaren 2 gleichgroße, stark behaarte Borsten, von denen eine auf der Tibia und die 2. auf dem Femur sitzen. Die Abbildungen lassen deutlich die Vierteiligkeit der Pedipalpen erkennen.

Die Beine der *Tenuipalpus orchidarum* sind kurz und gedrungen, das 4. Beinpaar erreicht nicht das Körperende, das 1. Beinpaar ist etwas länger als die übrigen. Alle Beine zeigen deutlich die starke Einschnürung zwischen Trochanter und Femur, außerdem sind sie in ihrer ganzen Länge geringelt. Der gesamte Ambulakralapparat ist außerordentlich schwierig anzusprechen. Nach GEIJSKES bestehen die Tarsalanhänge aus 3 Teilen, von denen die beiden äußeren, die Ambulakralkrallen, je 3—6 Hafthaare tragen sollen, während viele Hafthaare zu beiden Seiten des Empodiums sitzen. Bei den verschiedenartigsten Einstellungen des Mikroskops erkennt man sowohl von dorsal wie von ventral eine lyraartige Aufspaltung der Tarsalanhänge. Die beiden Ambulakralkrallen sind bananenartig geformt und mit je 2 Reihen von Hafthaaren besetzt. In Seitenansicht entsteht der typische Eindruck von Bürsten oder gezinkten Kämmen. Der mittlere Teil, das Empodium, ist aber ebenfalls klauenartig ausgebildet und besitzt die gleichen Borstenreihen, so daß die dreiteiligen Tarsalanhänge, im Gegen-

Abb. 3 (links). Maxillarpalpus, dorsal

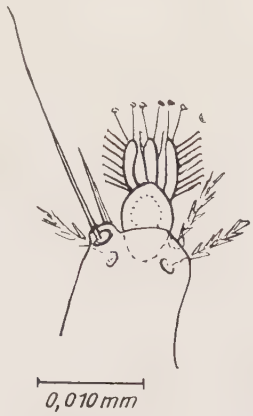

Abb. 4. ♀ Tarsus III, ventral

Abb. 5. ♀ Tarsus III, Ambulakralkralle lateral

satz zu der Ansicht von GEIJSKES, gleichmäßig behaart sind und sich aus insgesamt 3 doppelseitigen Bürsten zusammensetzen (Abb. 4 u. 5). Alle 8 Beine der Spinnmilbe zeigen in bezug auf die Tarsalanhänge den gleichen Bau. TAHER SAYED zeichnet für seine Form die Ambulakralkrallen mit 2 kammartigen Beborstungen. Dazu gibt er 6 längere Haare an, die über diese Kämme hinausragen. Diese längeren Haare erscheinen bei den vorliegenden Exemplaren nur in einer bestimmten Lage der Tarsalanhänge. Bei der Präparation besteht die Möglichkeit, daß ein Teil der Hafthaare nach vorn gedrückt wird, so daß der Eindruck von längeren und kürzeren Haaren entsteht.

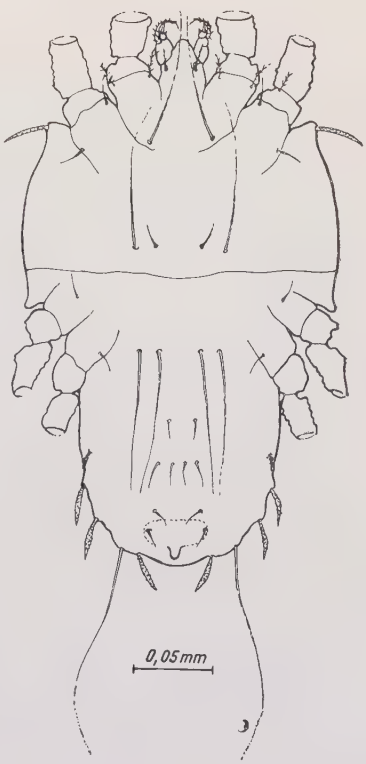

Abb. 6. ♂ Habitus ventral

Beinpaar I und II der in Deutschland und der in Holland gefundenen Form tragen dorsal auf dem Tarsus eine sehr lange Sinnesborste, die auf Beinpaar III und IV in verkürzter Form auf der proximalen Seite sitzt. Auf den Tarsen der ersten beiden Beinpaare kann man lateral deutlich ein weiteres Sinnesorgan erkennen, das die Form eines Fingers hat und leicht bepunktet ist. Dieser Finger fehlt auf den hinteren Beinpaaren. Außerdem sitzen auf dem Tarsus I und II noch je 6 Haare, von denen 2 glatt und 4 aufgeschlissen sind. Die Tarsen der Hinterbeine sind weniger stark behaart, von jeder Sorte der letzteren ist 1 Haar nicht vorhanden.

Bei *Tenuipalpus orchidarum* besteht ein, wenn auch nicht sehr stark ausgeprägter Geschlechtsdimorphismus. Die Farbe des Männchens ist nicht

rot, sondern lachsfarben, die Gestalt ist kleiner. Die 50 gemessenen Männchen waren durchschnittlich 0,297 mm ± 0,002 lang und 0,174 mm ± 0,001 breit. Das Verhältnis von Länge zu Breite ist dem der Weibchen ähnlich. Das Opistosoma der Männchen ist in seiner Form stärker in die Länge gezogen, es ist fast rechteckig und am Körperende nur wenig gerundet. Die von OUDEMANS gezeichnete Spitze entsteht nur durch Pressen des Milbenkörpers, wobei die beiden ausgezogenen Spitzen der männlichen Geschlechtsöffnung über den Körper hinausgeschoben werden. Die OUDEMANS'schen Originalpräparate zeigen in Übereinstimmung mit dem vorliegenden Material das knapp abgerundete Opistosoma. Männchen und Weibchen der Orchideenspinnmilbe lassen sich ohne eingehende Untersuchungen einwandfrei ansprechen.

Propodosoma und Metapodosoma des Männchens sind kugelig geformt und ebenso scharf voneinander getrennt, wie sie vom Opistosoma geschieden und abgesetzt sind. Wie beim Weibchen sind die beiden lateralen Körperfortsätze zu Beginn des Metapodosomas außerordentlich kräftig ausgebildet und vom 3. Beinpaar vollkommen getrennt.

Die dorsale Beborstung des Männchens stimmt mit der des Weibchens überein. Auf der Ventralseite (Abb. 6) sind die 4 quer nebeneinanderliegenden Haare in der Höhe der Coxen IV außerordentlich lang ausgezogen. Es fehlt die bei den Weibchen vor der Geschlechtsöffnung liegende Reihe von 4 kürzeren Haaren. Die Geschlechtsöffnung ist von 3 Paar Borsten umstanden. An den OUDEMANS'schen Präparaten lassen sich die 3 genannten Haarpaare ebenfalls ausmachen, OUDEMANS zeichnet bei den Männchen aber nur 2 Haarpaare.

Der Penis der Orchideenspinnmilbe ist lang und schlank, er erinnert in seiner Gestalt entfernt an eine schlanke Mohrrübe. Er endigt in einer stumpfen Spitze (Abb. 7).

Das 1. Beinpaar der Männchen ist länger und schlanker als beim Weibchen. Während der Tarsus des 1. und 2. Beinpaares beim Weibchen ein fingerförmiges Organ besitzt, finden wir beim Männchen deren 2, von denen das eine lateral, das andere auf der entgegengesetzten Seite etwas nach hinten und ventral verlagert sitzt. Insgesamt sind auf Tarsus I und II der Männchen neben diesen fingerförmigen Organen 8 Haare vorhanden, das sehr lange Sinneshaar, 2 starre dornenartige links und rechts neben dem Ambulakralapparat, 4 mehr oder minder stark aufgeschlissene und ein sehr feines längeres (Abb. 8). Tarsus III und IV sind in beiden Geschlechtern gleich gebaut.

Abb. 7. Penis

Abb. 8.
♂ Tarsus I, dorsal

Nach den morphologischen vergleichenden Untersuchungen stimmt die in deutschen Gewächshäusern gefundene Form mit der in Holland von Oudemans und Geijskes beschriebenen *Tenuipalpus orchidarum* überein, sie unterscheidet sich aber in wichtigen systematischen Merkmalen von der in Ägypten an Granatapfel und Wein aufgetretenen Art. Taher Sayed fand 1946 bei einer Revision seiner Beschreibung der Art selbst, daß es sich dabei nicht um *T. orchidarum* handeln kann. Aus diesem Grunde benennt er die in Ägypten gefundene Art um und bezeichnet sie nach einer ihrer Brutpflanzen als *Tenuipalpus granati* Taher Sayed.

Biologie

Das Auftreten von *Tenuipalpus orchidarum* in verschiedenen deutschen Gewächshäusern gab zu Untersuchungen über die Biologie dieses Tieres Gelegenheit. Es war möglich, von einigen Gärtnereien Versuchspflanzen von *Phalaenopsis* sp. und *Cypripedium* sp. zu erhalten. Wegen des Wertes der Pflanzen konnte es sich naturgemäß nur um eine beschränkte Anzahl handeln, so daß keine großen Versuchsserien angestellt werden konnten.

Zur Klärung der Biologie wurde von einzelnen, in Kopula gefundenen Pärchen und von legebereiten Weibchen ausgegangen. Diese wurden isoliert auf Jungpflanzen gezogen. Die Orchideen standen unter Einzelglasstürzen im Laboratorium bei Temperaturen von ca. 21—22° C und einer rel. Luftfeuchtigkeit von 95 %. Nach mündlicher Auskunft hiesiger Orchideenzüchter wird versucht, die Orchideen das ganze Jahr hindurch unter diesen Bedingungen zu kultivieren. Dies gelingt im Winter durch Heizung, im Sommer dagegen steigen trotz Schattierung und Lüftung die Temperaturen über diesen gewünschten Bereich, was man durch Lüften bei Nacht auszugleichen sucht. Um sich den hiesigen Gewächshausbedingungen anzugleichen, wurde in den Laboratoriumsversuchen mit der genannten Temperatur gearbeitet.

Bei der Kopula kriecht das Männchen unter das Weibchen, bis es mit seinem 1. und 2. Beinpaar in Höhe des 1. und 4. Beinpaares des Weibchens zu sitzen kommt. Dann verklammern sich die genannten Beinpaare. Das weibliche Tier hebt das Opistosoma hoch und zieht damit gleichzeitig das Männchen von der Unterlage ab, so daß dieses in der Luft schwebt. Jetzt biegt das Männchen seinen Hinterleib ebenfalls nach oben, um die Kopulation vornehmen zu können.

Nach der Kopula beginnt das Weibchen nicht sofort mit der Eiablage. Es sitzt stillsaugend auf dem Blatt, bis nach 5 Tagen frühestens das 1. Ei abgelegt wird. Die von den Weibchen benötigte Zeit bis zur Reifung des ersten Eies schwankt. Bis zu 12 Tagen nach der Vollentwicklung zur Imago dauerte es bei einem Tier, das unbefruchtet seine Eier ablegte.

Von diesem Zeitpunkt an legten die beobachteten Weibchen an jedem 2. Tag ein Ei ab. Insgesamt konnte bei 12 Weibchen eine Eiablage zwischen 18 bis höchstens 23 Stück je Tier festgestellt werden. Ob damit die höchstmögliche Anzahl der Eiablage eines Weibchens erfaßt ist, läßt sich nicht sagen. Das Ei ist von länglicher Gestalt und glänzend rot. Seine Maße sind 0,121 mm ± 0,001 : 0,059 mm ± 0.

Die Embryonalentwicklung geht sehr langsam vor sich. Von der Ablage des Eies bis zum Schlüpfen der Larve vergingen im Durchschnitt 20 bis 21 Tage. Die weitere Entwicklung von der Larve über die Nymphenstadien zum fertigen Tier nimmt ebenfalls eine große Zeitspanne in Anspruch. Sie ist schwer zu verfolgen, denn die Tiere haben die Eigenschaft, sich auf jedes wirkliche Umwandlungsstadium durch ein vorhergehendes Ruhestadium vorzubereiten. Während dieser Zeit sitzen sie still und spreizen die Beine von sich, so daß sie wie in Diapause befindlich wirken. Bei aufmerksamer Beobachtung sieht man aber, daß sich die Stellung der Vorderbeine ein wenig von einem Tier vor der Häutung unterscheidet. Während bei der Umwandlung die Beinpaare parallel zur Achse des Körpers ausgerichtet sind, liegen sie bei dem sog. Vorruhestadium ein wenig nach außen gedreht. Beleuchtet man ein Tier in diesem Stadium längere Zeit, oder berührt es, so läuft es nicht weg, sondern macht nur mit den Vorderbeinen abwehrende Bewegungen, um gleich darauf wieder in den Ruhezustand zu verfallen. Bei der hiesigen Betrachtung werden die Vorruhestadien mit der wirklichen Umwandlung zusammengefaßt und die Entwicklungszeiten der einzelnen Stadien jeweils von Schlüpfvorgang zu Schlüpfvorgang angegeben. Da die Kontrollen täglich vorgenommen wurden, konnte einwandfrei der Tag des Schlüpfens durch Auffinden der Exuvie festgehalten werden.

Nach diesen Beobachtungen dauerte die Entwicklung von der Larve zur Protonymphe durchschnittlich 14 Tage, von der Proto- zur Deutonymphe im Durchschnitt 15 und vom letzten Nymphenstadium bis zur Imago im Durchschnitt wiederum 14 Tage. Die Gesamtentwicklung von *Tenuipalpus orchidarum* beträgt demnach im Durchschnitt ungefähr 64 Tage. Die schnellste Entwicklung erreichte ein Weibchen in 58 Tagen, während die meisten Exemplare über 2 Monate zu ihrer Entwicklung benötigten. Zwei Tiere, die kurze Zeit etwas tieferen Temperaturen ausgesetzt waren, hatten ihre Entwicklung erst nach 85 Tagen beendet. Man kann bei dieser Milbe unter den Verhältnissen hiesiger Gewächshäuser mit einer Entwicklungszeit von 2—3 Monaten rechnen, es sind also im Jahre mindestens 4 Generationen zu erwarten. Die einzelnen Generationen überschneiden sich durch die zögernde Eiablage, so daß bei einer Population alle Entwicklungsstadien nebeneinander zu finden sind.

Die Kontrolle von stark belegten Pflanzen aus den Gewächshäusern erwies den Aufenthalt der Milben auf der Unterseite der Blätter. Hier waren zuerst die Spitzenteile belegt, und alle Stadien vom Ei bis zum adulten Tier waren anzutreffen. Bei stärkerer Besiedelung wurde die ganze untere Blattspreite in Anspruch genommen, und schließlich gingen die Milben auf die Blattoberseite über. Die Milben besitzen kein Spinnvermögen und sind rel. träge. Stundenlang sitzen die Tiere still, kommen sie aber einmal in Bewegung, geht ein Ortswechsel schnell vonstatten.

Auf einem Blatt von nicht ganz 10 cm Länge und 5 cm Breite wurden auf der Unterseite 111 Eier, 275 Ruhestadien, 11 Larven, 4 Nymphen, 4 Männchen und 15 Weibchen gezählt, während die Oberseite mit 8 Eiern, 21 Ruhestadien und 3 Weibchen besetzt war, d. h. auf der Unterseite des Blattes kamen 26,4 % auf die Eier, auf die Ruhestadien 65,4 % und nur 8,1 % auf die beweglichen Stadien.

Schadbild und Bekämpfung

Da der Popolationsaufbau bei *Tenuipalpus orchidarum* durch die lang andauernde Entwicklung der Milbe nur langsam vor sich geht, wird der durch sie angerichtete Schaden erst rel. spät bemerkt, besonders bei den dickfleischigen *Phalaenopsis*-Pflanzen. So war es möglich, daß die zur Untersuchung eingesandten Orchideen sich bereits in einem Zustand befanden, in dem eine ganze Anzahl von Blättern nicht mehr zu retten war. Es war auffällig, daß vor allen Dingen die älteren Blätter mit Milben besetzt waren, während die jüngeren, frisch nachgewachsenen, kaum Befall aufwiesen.

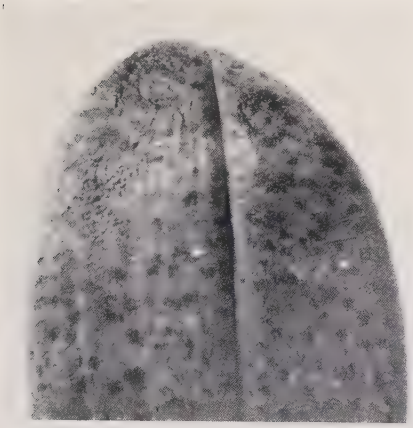

Abb. 9. Anfangsbefall von *Tenuipalpus orchidarum* an der Spitze eines Phalaenopsis-Blattes

Abb. 10 (rechts). Von *Tenuipalpus orchidarum* zerstörtes Phalaenopsis-Blatt

Da die Besiedelung auf den beobachteten Beispielen von *Phalaenopsis* meist von der Spitze des Blattes aus erfolgte, machte sich der Schaden hier zuerst bemerkbar. Durch das Aussaugen der einzelnen Zellen und Eintreten von Luft in die Hohlräume erscheint die befallene Stelle fleckig aufgehellt. Im weiteren Verlauf wird die Befallsstelle höckerig und wellig und erinnert an eine Mikro-Kraterlandschaft. Der Schaden ist bald auch von der Oberseite des Blattes in gleicher Weise zu erkennen (Abb. 9 u. 10). Das Blatt beginnt vom Rande her abzusterben. Die kranken Stellen verfärben sich dunkelbraun und fallen in sich zusammen. An den Übergangsstellen zum gesunden Gewebe bemerkt man eine Anhäufung von Milben, die durch ihren Saugakt langsam aber sicher Zone für Zone zum Absterben bringen.

Für den Orchideenzüchter bedeutet der durch *Tenuipalpus orchidarum* angerichtete Schaden einen außerordentlichen Verlust, und es galt, ent-

sprechende Bekämpfungsmöglichkeiten zu finden. Da die bisher bekannten Spinnmilbenpräparate keine ovizide Wirksamkeit besitzen und auch die Ruhestadien nicht angreifen, ging es im vorliegenden Falle besonders um den geeigneten Bekämpfungstermin.

Ein norddeutscher Gärtner hatte in seinen Orchideen-Gewächshäusern gegen diese Milben mit E 605 forte gearbeitet und die Pflanzen in kurzen Abständen mehrmals gespritzt, so wie es für die Nelkenspinnmilbe angegeben wurde. Er glaubte, dadurch eine Schädigung der Pflanzen herbeigeführt zu haben. Aus diesem Grunde wurden in Hohenheim Versuche zur Bekämpfung von *Tenuipalpus orchidarum* auf *Phalaenopsis* sp. und *Cypripedium* sp. mit E 605 forte 0,035 % durchgeführt, allerdings in dem durch die Biologie des Tieres vorgeschriebenen Rhythmus. Es ist zwecklos, die Spritzungen in kurzen Abständen auf einander folgen zu lassen, da durch die langsame Entwicklung und die langen Ruhepausen jeweils nur ein geringer Prozentsatz der Tiere erfaßt wird.

Nach der 1. Spritzung wurde alle 2 Tage eine Kontrolle durchgeführt und jeweils die tot aufgefundenen Tiere entfernt. Am empfindlichsten zeigten sich die Larven, die noch 14 Tage nach der Behandlung dem Gift erlagen. Es hat den Anschein, als hätte das Ester-Präparat auf *Phalaenopsis* eine längere Wirksamkeit als sonst bekannt. Die Spritzung wurde nach 14 Tagen wiederholt und die Pflanzen sich selbst überlassen. Nach weiteren 3 Wochen befanden sich nur noch wenige Eier auf den Blättern, und es erfolgte eine 3. und letzte Behandlung, die die restlichen geschlüpften Larven zur Strecke brachte. Nach zwei Monaten waren die behandelten Versuchspflanzen vollkommen milbenfrei. Die älteren Blätter trugen zwar die Anzeichen eines Befalls, man erkannte noch deutlich einzelne nekrotische Herde und sah viele leere Eihüllen und abgestorbene, vertrocknete Milben. Aber die Pflanzen machten einen durchaus gesunden Eindruck, waren gewachsen und hatten frische Blätter gebildet. Eine dreimalige Spritzbehandlung in den genannten Abständen mit E 605 forte hatte sowohl *Phalaenopsis* sp. wie auch *Cypripedium* sp. ohne Schädigung überstanden.

Da in den durchgeführten Versuchen die Pflanzen einzeln unter Glasstürzen gehalten wurden, konnte es gelingen, die gereinigten Orchideen milbenfrei zu halten. Solche restlose Beseitigung der Orchideenspinnmilbe dürfte im Gewächshaus im allgemeinen nicht erwartet werden, auch nicht bei gründlichster Spritzung. Hier wird man mit einer Auffüllung der Milbenpopulation rechnen und bei erneutem Befall die Behandlungen wiederholen müssen. Es ist nach diesen Versuchen jedenfalls durchaus möglich, Phosphorsäureester-Präparate gegen die Milben einzusetzen, ohne der Pflanze zu schaden.

Ein Tastversuch mit Systox 0,05 % bestätigte dieses Ergebnis bei *Phalaenopsis* sp. Nach einer einmaligen Spritzung wurde die Orchidee sich selbst überlassen und in unregelmäßigen Abständen kontrolliert. Die Eier kamen fast alle zum Schlüpfen, aber dann erlagen die Tiere dem Gift. Weder die Eier noch die Ruhestadien wurden angegriffen. 2 Monate nach der Spritzung fand sich auf der Orchidee nur ein erwachsenes Weibchen, das im Ruhezustand der Wirkung des Mittels entgangen sein dürfte, die Pflanze selbst machte einen gesunden Eindruck.

Zusammenfassung

Tenuipalpus orchidarum Parfitt konnte in verschiedenen deutschen Gewächshäusern an tropischen Orchideen nachgewiesen werden. Nach Eingliederung in die heute gültige Systematik wird die Form beschrieben und mit der in Holland von Oudemans und Geijskes und in Ägypten von Taher Sayed gefundenen Orchideenmilbe verglichen.

Die Entwicklung der *T. orchidarum* geht unter den Bedingungen der hiesigen Orchideengewächshäuser sehr langsam vor sich, von der Eiablage bis zum adulten Tier benötigt sie rund 2 Monate. Aus der Biologie werden Einzelheiten angegeben über die Eizahl, die Embryonalentwicklung, die Entwicklungszeit der einzelnen Stadien und die Besiedelung der Pflanze.

Der durch *T. orchidarum* angerichtete Schaden äußert sich in Fleckenbildung und Absterben der Blätter vom Rande her. Zur Bekämpfung wurde mit E 605 forte 0,035 % gespritzt. Da das Mittel weder die Eier noch die Ruhestadien der Milbe erfaßt, erfolgen 3 Behandlungen, und zwar in größeren Intervallen (von 2 und 3 Wochen), die durch den langsamen Entwicklungsablauf der Milbe vorgeschrieben sind. Die Pflanzen konnten vollkommen milbenfrei gemacht werden und vertrugen das Phosphorsäureester-Präparat ohne Schädigung.

Literaturverzeichnis

Baker, E. W., Mites of the genus *Tenuipalpus* (Acarina: Trichadenidae). — Proc. ent. Soc. Wash. **47**, 33—38, 1945.

— — The genus *Brevipalpus* (Acarina: Pseudoleptidae). — Amer. Midland Nat. 42, 350—402, 1949.

Baker, E. W. u. G. W. Wharton, An introduction to Acarology. New York, 220—223, 1952.

Donnadieu, A. L., Recherches pour servir à l'histoire des Tetranyques. — Dissertation Lyon, 111—117, 1875.

Dosse, G., *Tenuipalpus oudemansi* Geijskes, eine für Deutschland neue Spinnmilbenart. — Z. angew. Ent. **34**, 587—597, 1953.

Geijskes, D. C., Beiträge zur Kenntnis der Europäischen Spinnmilben (Acari, Tetranychidae), mit besonderer Berücksichtigung der Niederländischen Arten. — Medd. Landbouwhoogeschool Wageningen **42**, 68 pp, 1939.

Oudemans, A. C., *Brevipalpus pereger*. — Ent. Ber., Dl. 7, 395—396, 1929.

Pritchard, A. E., Control of orchid mites. — Calif. Agric. **5**, Nr. 9, 11, 1951.

Sayed, M. Taher, Contribution to the knowledge of the Acarinae of Egypt. I. The genus *Tenuipalpus* Donnadieu (Tetranychidae). — Bull. Soc. Fouad Ier Ent. **26**, 93—113, 1942.

— — Description of *Tenuipalpus granati* nov. spec. and *Brevipalpus pyri* nov. sp. — Bull Soc. Fouad Ier Ent. **30**, 99—103, 1946.

— — On the taxonomy of Tetranychid and allied genera. A new family and two new sub — families in acarina. — VIII. Int. Congr. Ent. Stockholm, 6 pp, 1950.

Schoevers, Tijdschr. v. Ent. 73, 40, 1929.

Mikrosporidien bei *Pieris brassicae* L., ihren Parasiten und Hyperparasiten [1])

Von

Hans Blunck, Bonn

Mit 15 Abbildungen

Pieris brassicae L. ist neben *P. rapae* L. in Europa der weitaus häufigste und bekannteste Tagfalter. Man sollte erwarten, daß die Art dementsprechend gut durchforscht ist. Das ist keineswegs der Fall. Zum mindesten über das Auf und Ab des Massenwechsels sind wir nur höchst unvollkommen unterrichtet. J. C. Faure (1926, 221 pg.) hat 1926 eine sehr reichhaltige und gediegene Studie über die Parasiten- und Hyperparasitengarnitur der Art gegeben, er mußte sich aber im wesentlichen auf Schilderungen der Autoekologie eines Teiles der beteiligten Insekten beschränken. Die Mikroorganismen blieben im wesentlichen unberücksichtigt. A. Paillot (Lit. s. Blunck 1952, S. 432—438) hat sich in mehreren Arbeiten um Schließen der Lücke bemüht; er fand aber dabei ein so weites — abgesehen von dem Wissen über den Pilz *Entomophthora sphaerosperma* — fast ganz unbeackertes Feld vor, daß noch weiterhin sehr viel zu tun bleibt. Das gilt vor allem für die ziemlich zahlreichen, die Brut des Falters heimsuchenden Virosen, Bakteriosen und Mykosen. Durchaus unbefriedigend sind noch unsere Kenntnisse über die einzige beachtliche Protozoonose, die bei diesem Falter bislang bekannt geworden ist, nämlich über eine Mikrosporidiose.

Die Mikrosporidien sind allerdings infolge ihrer Kleinheit und gewisser, in der starken Beschalung der Sporen liegender technischer Schwierigkeiten nicht gerade einfache Studienobjekte. Befremdlich ist aber, daß die bei den Pieriden schmarotzenden Arten bis 1918 völlig unbekannt geblieben sind, obgleich sie zu deren häufigsten Schmarotzern gehören, und starker Befall beim Sezieren schon mikroskopisch auffällig ist. Ihr Entdecker ist wiederum A. Paillot. Er beschrieb innerhalb weniger Jahre nicht weniger als 4 Arten, von denen eine auf die Gattung *Thelohania* und drei auf *Perezia* bezogen wurden. Später haben Faure (1926) und Boese (1936) die Befunde um ein Weniges ergänzt. Im ganzen ist man aber über erste Anfänge nicht hinausgekommen, und es muß leider gesagt werden, daß manches in den damals veröffentlichten Arbeiten nicht hinreichend gesichert ist.

Die Häufigkeit, mit der ich selbst bei meinen ursprünglich auf andere Ziele gerichteten Studien am Kohlweißling auf Befall stieß, löste daher in den letzten Jahren eigene Untersuchungen aus, über deren Ergebnisse ich erstmalig 1951 auf dem IX. Internationalen Entomologenkongreß in Amsterdam berichten konnte (Blunck, 1952, 432—438). Seither ist einiges Material hinzugekommen. Wenn ich dieses hiermit veröffentliche,

[1]) Die Durchführung der Untersuchungen wurde dank Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft und des Bundes-Ernährungs-Ministeriums möglich.

Tabelle 1. Mikrosporidienbefall[1]) bei *Pieris brassicae* L.

1	2	3	4	5	6	7	8
Herkunft des Raupenmaterials			Stadium des Wirts	Zahl der untersuchten Raupen und Puppen	Spinndrüsen (weiß gesprenkelt in %)	Apantelisierung des Wirts in %	*Entomophthora sphaerosperma* in %
Ort	Zeit (1953)	Einsender[2])					
Iserbrook b. Blankenese	27. 8.	Blunck	L V u. Puppen	100	div.	47	vacat
Reinbek b. Hamburg	27. 8.	Blunck	"	100	> 4	12	"
Wilsede, Lüneb. Heide	28. 8.	Blunck	L V	100	> 4	81	"
Sproetze, Lüneb. Heide	29. 8.	Blunck	L V u. Puppen	80	4	39	"
Kitzeberg b. Kiel	25. 8.	Blunck	L V	100	vereinzelt	85	"
Kitzeberg b. Kiel	Ende August u. Anfg. Sept.	Frl. Bogenschneider	"	51	> 6	61	"
Duisdorf b. Bonn	8. 9.	Blunck	L V u. 1 Puppe	65	0	98	"
Harperscheid u. Schönesseiffen/Eifel	8. 9.	Blunck	L V	61	0	82 1/2	"
Oldenburg i. O.	ca. 8. 9.	Pflanzenschutzamt in Oldenburg	"	80	2 1/2	80	"
Hohenheim i. Württ.	ca. 8. 9.	Dr. Dosse	"	7	0	ca. 14 (?)	"
Rellingen i. Holst.	9. 9.	Dr. Fischer	"	100	7	68	3
Biestow b. Rostock	9. 9.	Prof. Reinmuth	"	150	36,6	65	20,6
Naumburg	10.-11. 9.	B Z A	"	99	0	85	vacat
Göttingen	9. 9.	Dr. Koltermann	"	100	3	75	1
Göttingen	ca. 12. 9.	Dr. Thalenhorst	"	100	8	69	vacat
Wolfenbüttel b. Braunschweig	12. 9.	Dr. Steiner	"	50	2	82	"
Wolfenbüttel b. Braunschweig	12. 9.	Bez.-Stelle für Pflanzenschutz	"	50	2	62	"
Hannover	12. 8.	Pflanzenschutzamt in Hannover	"	100	6	75	"
Glückstadt i. Holst.	14. 9.	Dr. Buhl	"	79	10	96	"
Bremervörde	? 14. 9.	Bez.-Stelle für Pflanzenschutz	"	100	3	83	"
Papenburg b. Meppen/Ems	ca. 17. 9.	Dipl.-Landw. Rieth	"	100	2	81	"
Hildesheim	16. 9.	Bez.-Stelle für Pflanzenschutz	"	50	0	84	"
Herford	17. 9.	Dr. Hemer	"	12	(42)	100	"
Mühlhausen i. Thür.	ca. 14. 9.	Frl. Dr. v. Winning	"	80	5	26	"
Dahlem	16. 9.	Dr. Schmidt	"	21	19	100	"
Lübeck	18. 9.	Frau Dr. Steyer	"	20	0	55	"

[1]) Als befallen wurden alle Individuen gerechnet, bei denen die Spinndrüsen in größerer Ausdehnung weiß gesprenkelt waren.

[2]) Allen Helfern sei auch an dieser Stelle bestens gedankt.

so leitet mich dabei allerdings mehr der Wunsch, auf ein zu weiteren Arbeiten verlockendes Objekt hinzuweisen, als daß ich abschließendes bieten kann. Ich werde im Gegenteil dabei auch die noch bleibenden, wesentlichen Lücken aufweisen, um zu weiteren Studien an dem Gegenstand anzuregen.

Wie gesagt, ist der Befall u n g e m e i n s t a r k v e r b r e i t e t. Von 26 im Aug./Sept. 1953 aus verschiedenen Orten Nord-, Mittel- und Süddeutschlands eingeholten Raupensendungen waren, wie aus Tabelle 1 ersichtlich ist, 20 verseucht, die meisten allerdings mit 2—10% der Wirte nur schwach, 2 aber zu rund 40%. Auch das früher in meine Hände gelangte Material stammt großenteils aus Deutschland, und zwar aus Schleswig-Holstein, Hamburg, Niedersachsen, dem Emsland, dem Rheinland und der Umgebung von Berlin. Eine mir aus den Niederlanden zugegangene *Pieris*-Sendung (HOUTMAN leg. 1951 bei Hoorn, nördl. Amsterdam) war ebenfalls verseucht. PAILLOT arbeitete ebenso wie FAURE in Frankreich. BOESE hat wohl aus Deutschland stammendes Material in Händen gehabt. Ich zweifle nicht, daß man auch in anderen Ländern Europas und vielleicht darüber hinaus bei Vornahme von Stichproben bald auf diese Parasiten stoßen würde.

Als Wirte fungieren nicht nur *Pieris brassicae* L., sondern auch andere Vertreter der gleichen Familie. Zum mindesten lassen diese sich leicht künstlich verseuchen. Das gilt z. B. für *Pieris rapae* L. und für *Aporia crataegi* L. Auf weiteren Lepidopteren, z. B. auf *Cheimatobia brumata* L. und auf *Lymantria dispar* L., konnte ich die Sporen dagegen nicht zu erfolgreichem Auskeimen bringen. Fast schlimmer noch als die Pieriden werden ihre Parasiten oder doch der wichtigste Vertreter von ihnen, nämlich *Apanteles glomeratus* L., heimgesucht. Auch *A. rubecula* Marsh. bleibt nicht verschont. Das gleiche gilt für deren eigene Feinde unter den Hymenopteren, zum mindesten für diejenigen, mit denen ich in den letzten Jahren experimentierte, d. h. für die Ichneumoniden *Haplaspis nanus* Grav. (syn. *Hemiteles fulvipes* Grav.), für *Hemiteles areator* Grav., für *H. simillimus sulcatus* Bl., für die flügellose *Gelis transfuga* Först. und für *Thysiotorus* (syn. *Leptocryptus) brevis* Thoms. Auch die Chalcididen *Dibrachys cavus* Walk. und *Tetrastichus rapo* Walk. fand ich wiederholt besiedelt. FAURE (1926 S. 99) sah das gleiche bei dem kleinen polyphagen Eiparasiten *Trichogramma evanescens* Westw. Eine nicht ganz klare Angabe desselben Autors bezieht sich auf die Ichneumonide *Anilastus ebeninus* Grav. Es dürfte ein Leichtes sein, weitere Wirte aus gleichen Verwandtschaftskreisen nachzuweisen. Es sieht so aus, als ob diese Mikros, soweit sie polyphag sind, sich zunächst auf die Pieriden eingestellt haben, infolge des häufigen Zusammenseins mit deren Entoparasiten im gleichen Milieu aber schließlich auch auf letzteren seßhaft geworden sind, während ihnen dem ursprünglichen Wirt verwandtschaftlich viel näher stehende Formen fremd geblieben sind. Sollten etwa die einander so nahe stehenden Spezies *Nosema bombycis* Naegeli und *Nosema apis* Zander auch eine gemeinsame, in Lepidopteren beheimatete Stammart haben?

Angesichts der weiten Verbreitung, der Häufigkeit und der Augenfälligkeit des Befalls muß es verwundern, daß das Schrifttum sich, von den zitierten Arbeiten abgesehen, so weitgehend über den Gegenstand ausschweigt. Die Erklärung liegt in der Kleinheit des Objekts. Die Tierchen gehen, wie die meisten Mikrosporidien, in ihren Dimensionen kaum über

die der größten Bakterien hinaus, und die Sporen ähneln auch gestaltlich diesen und kleinen Pilzsporen erheblich. Ja, ich muß gestehen, daß ich mich selbst im Anfang wohl zuweilen habe täuschen lassen. Mit durchschnittlich 4—5 µ Länge und 1½—2 µ Dicke in der Körpermitte erscheinen die Sporen zum Teil stäbchenförmig und bleiben damit noch erheblich hinter dem Volumen des bekannten Honigbienen-Parasiten *Nosema apis* Zander zurück. Oft sind sie etwas bohnen- oder sichelförmig gekrümmt (Abb. 1, 2, 3).

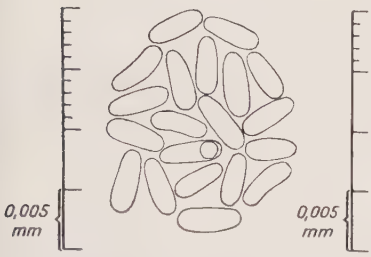

Abb. 1. Sporen aus ausgebrochenem Magensaft einer LV von *Pieris brassicae* L.

Abb. 2. Sporen aus einer Imago von *Apanteles glomeratus* L.

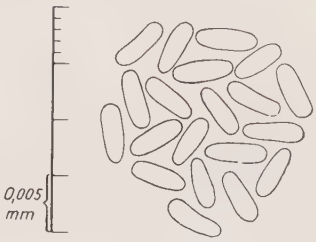

Abb. 3. Sporen aus der Magenwand eines Männchens von *Haplaspis nanus* Grav.

Trotz der Kleinheit der Einzelindividuen ist der Befall leicht nachweisbar, vor allem bei den Pieriden. Bei stärker besiedelten Raupen gelingt das schon ohne Sektion. Äußerlich ist den Tieren allerdings meist nichts anzusehen. Es genügt aber, sie zu ihrer natürlichen Abwehrreaktion gegen gröbere Störungen, nämlich zum Ausbrechen von Magensaft zu veranlassen, um den Befall augenfällig zu machen. Während die Sekrete des Chylusdarms nämlich bei gesunden Raupen tiefgrün oder klar sind, erscheinen sie bei den schwerer kranken Individuen mehr oder minder stark getrübt. Das gleiche ist allerdings auch bei gewissen Bakteriosen und Virosen der Fall. Mikroskopische Nachkontrolle ist also nötig. Ebenso einfach gestaltet sich der Nachweis von Befall durch mikroskopische Untersuchung von Raupenkot. Nach Aufschwemmen der Brocken mit Wasser werden die Sporen in diesem schon bei mäßiger Vergrößerung sichtbar. Bei erst unlängst infiziertem Material kann sowohl die Darmsaft- wie die Kotprobe negativ ausfallen. Alsdann muß man zur Sektion schreiten. Diese kann aber in der Regel auf ein vorsichtiges Öffnen der Körperhaut in der Halspartie und auf das Freilegen der Spinnschläuche beschränkt werden, die bei Befall frühzeitig weiß gesprenkelt erscheinen. Fehlt auch dieses Merkmal, muß das austretende Blut mikroskopisch untersucht werden. Im extremsten Fall ist ein Stück Magenwand im Quetschpräparat zu durchmustern. Die Epithelzellen des Chylusdarms scheinen immer oder fast immer zuerst zu erkranken. In ihnen kommen die Sporen also zuerst zur Entwicklung, und wo immer sie auftreten, sind sind sie dank starker Lichtbrechung leicht kenntlich.

Stärker besiedelte Vollkerfe von *Haplaspis nanus* Grav.[1]) waren oft an stark aufgetriebenem Hinterleib und daran kenntlich, daß die weißen Uratzellen bei ihnen ventral noch stärker durchschimmerten, als das auch bei frisch geschlüpften Individuen der Fall zu sein pflegt. Beides beruht darauf, daß die Tiere bei schwerer Verseuchung es unterlassen, als Altlarve den im

[1]) Anm. bei der Korrektur: Das gleiche gilt, wie inzwischen festgestellt wurde, auch für *Gelis cf. transfuga* Först.

Mitteldarm während der Metamorphose angesammelten Kot abzustoßen. Sie übernehmen diesen dann über die Nymphose hinweg in die imaginale Periode. Der im Chylusmagen gespeicherte Kot treibt beim Vollkerf das Abdomen auf und drückt die bei Befall besonders großen Uratkomplexe gegen die Körperwand, wo sie in den unpigmentierten Abschnitten, also ventral, extrem deutlich sichtbar werden. Das Unterbleiben der rechtzeitigen Defaekation hat aber zuweilen auch andere Ursachen, ist also nicht unbedingt ein Merkmal für Mikrosporidien-Befall.

Einmal stießen wir auch im Kot einer Larve von *Ptinus fur* L., die in unsere Kulturen eingedrungen war, auf Mikrosporidien-Sporen (Abb. 4). Da das Tier an stark befallenen Puppen von *Pieris brassicae* L. gefressen hatte, ist es möglich, daß die Sporen lediglich im Wege der Darmpassage in den Kot gelangt waren, d. h. daß es nicht zu einer Infektion der Organe gekommen ist. Vielleicht lag aber auch eine andere Spezies der Mikrosporidien vor. Dafür könnte sprechen, daß die Sporen fast alle stark ovoid (4×2,5 µ) waren. Leider konnte dem Befall nicht weiter nachgegangen werden.

Auffällig ist, wenigstens bei starkem Befall, ferner das Bild der besiedelten Wirtszellen. Auch diese Mikrosporidien sind Zellparasiten, und ebenso wie viele andere Vertreter der gleichen Sporozoen-Gruppe lösen sie bei ihnen oft Riesenwuchs aus. Die Organe reagieren allerdings je nach dem Wirt und nach ihrer eigenen Natur unterschiedlich. Bei weitem am stärksten neigen Zellen von Drüsencharakter zu abnormer Vergrößerung, so gewisse Oenocyten. Diese können bis reichlich 200 µ Durchmesser gewinnen und bergen dann je 100 000 und mehr Sporen, erscheinen dank deren starker Lichtbrechung kreideweiß und sind mit bloßem Auge sichtbar. Die größten Zellen solcher Art, nämlich je eine von 240×150 µ und von 260×70 µ sahen wir bei 2 apantelisierten Raupen der *Aporia crataegi* L. Es handelte sich bei ihnen offenbar um die regelmäßig den Befall durch diese Braconide begleitenden Riesenoenocyten, die durch die Infektion mit *Nosema* zu noch stärkerem Wuchs als gewöhnlich angeregt worden waren. Nicht so weit geht die Elephantiasis bei den Zellen der Spinnschläuche, die aber, wie gesagt, bei

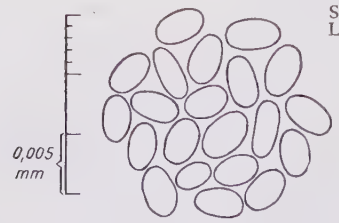

Abb. 4.
Sporen aus dem Kot einer Larve von *Ptinus fur* L.

Abb. 5. Teile einer Ovariole von *Haplaspis nanus* Grav. mit Befall der Zellen in einer Nährkammer (a) und einer Eikammer (b), Inhalt einer zweiten Eikammer (c) in Zerfall

gruppenweisem Zusammenliegen befallener Elemente auch weißgesprenkelt erscheinen, ferner bei den Uratzellen des Corpus adiposum und ihren Kappenzellen sowie bei den Samenbildungszellen und beim Chylusmagenepithel. Bei den Larven von *Apanteles glomeratus* L. fand ich auch befallene Zellen der Schwarzblase hypertrophiert, bei den Imagines der Ichneumoniden die Giftdrüsenzellen und die der Drüse des Receptaculum seminis. In der Muskulatur bleiben die Fibrillen selbst frei, die bindegewebige Muskelscheide scheint aber auf den Parasiten besonders attraktiv zu wirken. Ihre dann Spindelform gewinnenden, oft stark vergrößerten Zellen können je einige hundert Sporen enthalten und drängen dann die Muskelfasern stark auseinander. Auch in der Hypodermis neigen die besiedelten Elemente zu Riesenwuchs. Wenig oder gar nicht reagieren die Zellen im Germarium, die Follikelzellen der Ovariolen (Abb. 5), deren Nährzellen, in denen die Sporen sich ebenso wie im Germarium mit Vorliebe um den Kern herum häufen, und die Eizellen, deren Substanz aber an sich ebenso wie die der befallenen Zellen aller vorgenannten Organe restlos, also einschließlich des Kerns, von den Parasiten aufgezehrt werden kann (Abb. 5b u. S. 323). Die Wandung der Bursa copulatrix fand ich bislang nur bei einem Weibchen von *Haplaspis nanus* Grav. (dort nur bei ?2 Zellen) und 2 Weibchen von *Hemiteles areator* Grav. besiedelt. Auch die Nervenzellen (Abb. 6), vor allem die äußeren Schichten der Ganglien, werden oft infiziert, und selbst das Gehirn mit dem Nervus opticus bleibt dann nicht frei. Schwach fällt der Befall meist beim Vorder- und beim Enddarm aus, doch fand ich die Sporen gelegentlich auch im Oesophagusepithel und bei den Ichneumoniden in den Rektalpapillen. In die Vasa Malpighi werden die Parasiten oft vom Darm aus verschwemmt, siedeln sich in ihnen aber seltener an. Bei Totalverseuchung des Wirts dringt der Angreifer allerdings auch in deren Zellen ein und kann dann dort seine Entwicklung durchaus normal absolvieren.

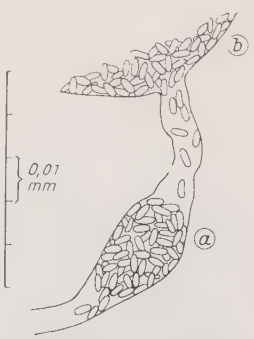

Abb. 6. Befall des Bauchmarks eines Weibchens von *Haplaspis nanus* Grav. — a) ein vom Ganglion b) abgehender Nervenast

Es scheint, das der Befall dieses Organsystems durch die sich an ihm während der Metamorphose vollziehenden histologischen Prozesse gefördert wird. Bei einer Puppe von *Pieris brassicae* L. waren nämlich die schon im Umbau befindlichen Malpighischen Gefäße in ihrer ganzen Länge verseucht und infolge Hypertrophie der befallenen Zellen so intensiv weiß gesprenkelt, daß sie schon unter der binokularen Lupe als krank auffällig wurden. In den Tracheen fanden wir die Parasiten noch nicht, im übrigen bleibt aber kein System ganz vom Befall verschont, und nicht selten ist bei den stärker heimgesuchten Organen 50% und mehr der Substanz von den Parasiten verzehrt. Früher oder später platzen dann die befallenen Zellen, und die Sporen gelangen nunmehr in das Darmlumen oder in die sekundäre Leibeshöhle. Das Blut kann so stark überschwemmt sein, daß es milchig getrübt erscheint. Bei Betrachtung unter dem Binokular flimmern die mechanisch durcheinanderwirbelnden Sporen dann silbrig.

Die Infektion erfolgt bei den Pieriden wohl vornehmlich per os. Der Kot befallener Raupen ist stark sporenhaltig. In minderem Maße gilt das auch für ihre Exuvien, für den im *Apanteles*-Kokon zurückbleibenden Kot

der Hyperparasiten und wohl auch für den Kot von deren Wirten. In einem Fall fanden wir auch die abgestreifte, in der Raupe zurückbleibende und in dieser das Schlüpfloch des Parasiten abdichtende vorletzte Haut der *Apanteles*-Larve in ihrem hinteren Drittel strotzend voll von *Nosema*-Sporen. Früher oder später zerfällt aller dieser Abraum, und die Sporen werden dann frei zu Neuinfektionen. Sie läßt sich bei den Raupen durch Verfüttern mit Sporenbrei bestrichener Blätter auch experimentell erzielen, doch führt durchaus nicht jeder Infektionsversuch solcher Art zu Befall. So mißlang dieser oft, wenn wir die Infektion mit Sporen aus den Spinnschläuchen oder mit Darminhalt der Raupen von *Pieris brassicae* L. versucht hatten. Vielleicht müssen die Sporen, ebenso wie bei anderen Mikrosporidien, nach dem Freiwerden aus dem Wirtskörper erst eine gewisse Reifezeit durchmachen, um infektionstüchtig zu werden.

Die Aufnahme der Sporen gelegentlich des Fraßes ist aber bei den Pieriden schwerlich die einzige Art der Infektion. Der Ausgang einiger Versuche spricht nämlich dafür, daß *Apanteles glomeratus* L. die Sporen auch beim Anstechen der Raupen auf diese mechanisch überträgt.

Auch die Parasiten und die Hyperparasiten der Weißlinge dürften sich den Befall auf verschiedene Weise, d. h. nicht nur per os zuziehen können, und es ist nicht unwahrscheinlich, daß die einzelnen Mikrosporidienarten sich dabei verschieden verhalten. So stieß ich bei einem Weibchen von *Haplaspis nanus* Grav. (syn. *Hemiteles fulvipes* Grav.) in den Ovarien auf 9 legereife Eier, denen an beiden Polen Sporen angelagert waren. Sie dürften in verseuchten Nährzellen entstanden sein. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß sie bei der Eiablage mit übertragen worden wären, dann also den Wirt, d. h. eine *Apanteles*-Larve, verseucht hätten. Grundsätzlich Neues wäre damit nicht gegeben. Schon länger ist bekannt, daß auch die Infektion der Mehlmotte *Ephestia kühniella* Zeller mit ihrer Mikrosporidie *Thelohania ephestiae* Mattes durch eine Schlupfwespe, nämlich durch *Microbracon hebetor* Say besorgt wird (PAYNE 1933, S. 22). In Einzelfällen fand ich auch legereife Eier der Braconide auf und unter der Schale mit Sporen besetzt, so daß die Infektion ferner auf diesem Wege nicht ausgeschlossen ist (s. w. o.). Sie würde um so weniger überraschen, als dieser Modus bei der in der Seidenraupe schmarotzende *Nosema bombycis* Naegeli schon nachgewiesen und für andere Mikrosporidien wahrscheinlich gemacht ist, so von MESNIL (s. CAULLERY 1950, pg. 213) für *Nosema incurvata* in *Daphnia obtusa*. Bei den hier in Rede stehenden Objekten bedarf sie aber noch der Nachprüfung. Es kommt bei *Apanteles glomeratus* L. auch vor, daß die Eier stärker mit Sporen durchsetzt sind. So beobachteten wir in einem Falle ein Ei, das in seinem mittleren Drittel mindestens 70 oder gar über 100 Sporen führte (Abb. 7). Es hatte nur $^2/_3$ der normalen Länge, während die benachbart liegenden, unbefallen gebliebenen Eier voll ausgewachsen waren. So stark besiedelte Eier dürften entwicklungsunfähig sein.

Abb. 7. Ei aus dem Ovar von *Apanteles glomeratus* L., die mittlere Zone mit Sporen durchsetzt

Unbedingt sicher gilt das für solche Keime, die schon in frühen Stadien stark befallen werden. So begegnete uns ein Weibchen von *Haplaspis nanus* Grav., bei dem nicht nur die Nährzellen der Ovariolen, sondern auch die jüngeren Eikeime strotzend voll Sporen saßen. Sowohl das Cytoplasma wie der Kern waren von den Parasiten praktisch restlos aufgezehrt. Das Follikelepithel war dagegen befallfrei. Die Sporen maßen in der Länge 4—5 µ und waren durchweg 2 µ dick, also verhältnismäßig plump und somit entweder unreif, oder es hat sich dabei um eine besondere Spezies gehandelt.

Unzureichend sind auch noch unsere Kenntnisse über den Entwicklungsgang der Parasiten. Sofern die Sporen in den Darm gelangen, keimen sie dort offenbar in gleicher Weise wie *Nosema apis* Zander und *N. bombycis* Naegeli, d. h. unter Ausschleudern des Polfadens infolge des von den Darmsekreten ausgeübten Reizes, aus. Experimentell läßt sich das gleiche durch einen Zusatz stark verdünnter Essigsäure auslösen. Das Optimum der Konzentration der Säure scheint noch unterhalb $^1/_2$ ‰ zu liegen. Bei den meisten einschlägigen Versuchen konnten wir nur wenige ‰ der Sporen zur Ejakulation des Fadens bestimmen. Nur in einem Fall war der Erfolg durchschlagend. Damals hatten wir ein dem Chylusmagen einer Altlarve von *Pieris brassicae* L. entnommenes Präparat in gleicher Weise wie bisher mit Essigsäure behandelt. Die Sporen, die zunächst nur vereinzelt reagiert hatten, waren über Nacht eingetrocknet, hatten aber zuvor fast alle den Polfaden austreten lassen. Es gelang aber bisher nicht, diese Reaktion wiederholt zu erreichen. Vielleicht kann man mit anderen Chemikalien, z. B. mit Salpetersäure (vgl. Mattes 1928, S. 526—582), weiter kommen. Mit dem nach Kudo (1913, nach Zander 1944, S. 32) bei *Nosema apis* bewährten Verfahren, die Sporen durch mechanischen Druck zu reizen, kamen wir dagegen nicht sicher zum Ziel.

Ebenso wie bei anderen Mikrosporidien sind die Polfäden erstaunlich lang. Mit maximal beobachteten 92 µ ist ihr Ausmaß bei unserem Objekt vielleicht noch nicht einmal ganz erfaßt, doch dürfte dieses nicht erheblich darüber liegen. Meist erschienen die Fäden wesentlich kürzer (40—60 µ). In unseren Medien, d. h. im Magensaft und im Blut der Wirte oder in Wasser, liefen sie sich oft an Fremdpartikeln fest, die dann an ihrer Spitze kleben blieben. Sie täuschten dabei oft den austretenden Amoeboidkeim vor, der uns in dieser Phase aber wohl noch nie eindeutig zu Gesicht kam. Wir wagen sogar die Vermutung, daß sich andere Autoren, die glücklicher zu sein glaubten, dabei zuweilen durch solche Fremdpartikel haben täuschen lassen. Der ausgeschleuderte Faden ist in seiner unteren Hälfte dicker als im Endteil und bei großer Elastizität gleichzeitig so steif, daß die Spore, wenn er mit der Spitze verankert ist, wie an einer leicht spiralig gewundenen Zugfeder hin- und herpendelt. Ersteres spricht für die Richtigkeit der Auffassung, daß der Faden beim Ausschleudern handschuhfingerartig umgestülpt wird.

Über die Dauer der Keimfähigkeit der Sporen können wir noch nicht endgültig urteilen. In Einzelfällen glauben wir zwar mit $^3/_4$ Jahre und noch älteren Sporen Infektionen erzielt zu haben, in anderen und häufiger mißlangen diese aber schon mit viel jüngerem Material. Es ist einerseits möglich, daß der Befall im ersteren Fall auf unsauberem Arbeiten, d. h. auf allerdings kaum vermeidbarem Eindringen jüngerer, aus anderen Quellen stammender, vom Luftzug herangewehter Sporen beruht, und daß wir andererseits im zweiten Fall die Sporen unter ungünstigen Bedingungen aufbewahrt hatten, so daß die Keimfähigkeit vorzeitig verloren ging. Offenbar hängt deren Dauer nämlich stark vom Wassergehalt des Mediums, also vor allem der umgebenden Luft ab.

Zuweilen hatten wir den Eindruck, daß die Sporen sich in trockener Luft besser als in feuchter Atmosphäre halten.

Die nächsten Phasen der Entwicklung nach dem Auskeimen der Sporen blieben uns noch unbekannt. Sie scheinen sehr schnell durchlaufen zu werden. Der Parasit wurde uns bislang erst nach dem Eindringen in eine Wirtszelle in fortgeschrittenen Stadien der Weitervermehrung wieder faßbar. Ein dankbares Objekt für deren Studium bilden die Riesenoenocyten im Blut der Raupen. Hier lassen sich vielleicht alle Stadien der Schizogonie in einer und derselben Zelle nebeneinander antreffen. So sahen wir in einem Fall einen großen Oenocyten zu etwa 3/4 von bereits beschalten stäbchenförmigen Sporen erfüllt. Der 4. Sektor führte in seinen äußeren Teilen noch unbesiedeltes Plasma und in der Zwischenzone, soweit ausdeutbar, anschließend zunächst Parasiten in Zweiteilung oder schizogoner Vermehrung und dann werdende Sporen, die im Leben zuerst als kugelige, noch wandlose oder sehr dünnwandige Zellen sichtbar werden, dann ovoide Form annehmen und nun außer der Schale schon eine große, polständige „Vakuole" am dickeren Ende erkennen lassen. Später strecken sie sich unter fortschreitender Verdickung der Schale bis zur Gewinnung schwach konischer Stabform und entwickeln dann auch vorübergehend eine 2., kleinere „Vakuole" am verjüngten, „vorderen" Ende (Abb. 13). Die Vakuolen führen ständig eine dünnflüssige Masse, in der zuweilen in Brown'scher Molekularbewegung tanzende Granula zu beobachten sind. Bei reifen Sporen wird auch die große Vakuole schließlich meist wieder unsichtbar, bleibt aber wohl an sich dauernd erhalten.

Weitere Aufschlüsse wurden uns am lebenden Objekt erst mittels einer besonderen Methode, nämlich unter Benutzung des HEINE-Kondensors bei Ölimmersion im Phasenkontrastbild in der Ausführung von Leitz-Wetzlar möglich. Nur dann, und auch das nur in einem Fall, sahen wir auch deutlich Kerne der Sporen. Es handelte sich um einen Sporenkomplex in der Chylusmagenwand eines Weibchens von *Apanteles glomeratus* L. Im Unterschied zu anderen ließen in dieser Gruppe 21 von 26 Sporen etwa in der Körpermitte, seltener etwas polwärts verschoben je 2 kleine, dicht benachbart liegende, helle Bläschen erkennen. Die Sporen hatten schon ihre endgültige Gestalt gewonnen, waren also ziemlich langgestreckt (Abb. 8). Vereinzelt zeigten auch noch ovoide, etwas größere Sporen die gleichen Organellen. Auch hier käme demnach ebenso wie bei anderen Mikrosporidien ein Zweikernstadium vor. In 1 oder 2 Fällen beobachteten wir bei der gleichen Optik auch in der großen polständigen „Vakuole" einer Spore ein kleines helles Bläschen (Abb. 13). Auch dann mag es sich um den Kern gehandelt haben, der nun durch Verschmelzung einheitlich geworden wäre. Die zunächst befremdliche Lage verliert diesen Charakter, wenn man bedenkt, daß es sich wohl bei dem besagten Gebilde nicht um eine echte „Vakuole" handelt. Übrigens sind auch bei *Nosema apis* Zander die Kerne der Sporen schon polständig abgebildet worden (KUDO und MORGENTHALER, s. ZANDER, 1944 S. 31), wobei dementsprechend der

Abb. 8. Sporen aus dem Epithel der Magenwand eines Weibchens von *Apanteles glomeratus* L.

Amoeboidkeim ebendort situiert gedacht ist. Bei Betrachtung in Phasenkontrastbeleuchtung wird auch der Polfaden schon am ungefärbten Objekt sichtbar, weit besser noch als beim Studium im Dunkelfeld. Er erscheint dann bei makelloser Zentrierung, auf die es allerdings entscheidend ankommt, schwarzgrau oder gar tief schwarz. Im ausgeschleuderten Zustand ist er sogar für das ungeübte Auge sichtbar; aufgerollt allerdings nur für den geschulten Blick und auch dann nur zuweilen. Die besten Bilder erhielten wir nach Zusatz einer Spur Essigsäure. In ganz seltenen Fällen hatten wir dann, deutlicher noch in einem gefärbten Präparat, den Eindruck, daß der Polfaden um eine zentrale Achse gewickelt ist. Das Bild wäre dann wohl im Sinne der von STEMPELL 1909 gegebenen schematischen Abbildung einer *Nosema-Spore* zu deuten, d. h. der Polfaden würde an seinem Austrittsporus zunächst mit einem die ganze Spore durchsetzenden geraden Stück beginnen und dann rückläufig spiralig gewickelt sein. Es ist aber auch möglich, daß KUDO und MORGENTHALER (s. ZANDER, 1944, Abb. 11) die Verhältnisse richtiger gedeutet haben, wenn sie meinen, daß der Faden zunächst zentral ganz eng um die ideale Längsachse der Spore und dann in einer zweiten Spirale weitläufiger dicht unter der Schale, also rückläufig, gewickelt ist. Merkwürdigerweise scheint auch der von der Vakuole eingenommene Bezirk vom Polfaden durchsetzt zu werden. Gelegentlich sahen wir den Faden in der Spore nach Art einer Uhrfeder in zitternde Bewegung kommen. Gleichzeitig im Sporenleib in einen Wirbeltanz geratende Granula bewiesen, daß es sich nicht etwa um optische Täuschung handelte. Wir hatten den Eindruck, daß der Faden zum Austreten rüstete. Diesen Akt selbst beobachteten wir aber nicht. Auch das geübte Auge ist übrigens bei unserm Objekt sehr vom Zufall abhängig. Man muß für sein Studium viel Geduld mitbringen, denn die Mikrosporidiensporen reagieren, wie STEMPELL (1909, S. 289) sich ausdrückt, ausgesprochen launisch. Wer sich Zeit läßt, wird aber bestimmt belohnt werden.

Überraschenderweise sind wir in der morphologischen Ausdeutung unseres Objekts mit der Phasenkontrast-Apparatur an der lebenden Spore in mancher Beziehung sogar weiter gekommen, als am gefärbten Präparat. Dieses zeigte uns bei Fixierung nach BOUIN, BOUIN-HOLLANDE, CARNOY und SPULER und Färbung nach GIEMSA nur noch außerdem den Amoeboidkeim. Er liegt auf der Grenze vom 1. zum 2. Sporendrittel, ist also ähnlich situiert, wie STEMPELL es schon vor vielen Jahren (1909) für *Nosema bombycis* so anschaulich abgebildet hat. Er erscheint bei distinkter Färbung als tiefblauer, schmaler Ring, in dem zuweilen ein paar dunklere Punkte andeutungsweise sichtbar werden. Ob es sich bei diesen um Kerne handelt, bleibe aber dahingestellt. Nach hinten zu schließt an den Polfaden eine breitere und längere, diffuser blau gefärbte Zone an, zu welcher der aufgerollte Polfaden das Hauptkontingent stellt. Von seinen spiraligen Windungen konnten wir aber bislang dann immer nur einige wenige hinreichend deutlich erkennen. Wir hatten den Eindruck, daß sie infolge von Schrumpfungsprozessen, die wir noch nicht ausschalten konnten, sich zu mehreren zusammenballen, und daß sie erst in Form dieser oft nicht ganz regelmäßig gelagerten kombinierten Stränge augenfällig werden. Vermutlich sind auch die von REICHENOW (1953 S. 1007) für *Plistophora ehrenbaumi* E. Rchw. und von PAILLOT 1939 für *Nosema carpocapsae* Pail. gegebenen Bilder (s. STEINHAUS, 1949 Fig. 195) ähnlich zu deuten. An die

diffus blau gefärbte Partie schließt sich unten die große Vakuole an, deren Bedeutung noch unklar blieb. Ihr Inhalt färbt sich nach GIEMSA zuweilen gelb oder rosa. In seltenen Fällen sahen wir die Sporen in ähnlicher Weise andeutungsweise kettenförmig gereiht an ihrem Entstehungsort hintereinanderliegen, wie es für *Nosema bombycis* Naegeli bekannt ist (s. STEMPELL, 1909, S. 281—358) und wie ZANDER (1944, Fig. 19) es für *Nosema apis* Zander abgebildet hat. Es bleibe dahingestellt, ob diese Anordnung mechanisch durch Druck zustande kam oder eine Folge von Teilungsvorgängen ist.

Über die pathogene Auswirkung der hier in Rede stehenden Organismen habe ich mich schon in Amsterdam geäußert. Es bleibt dem heute nur Weniges hinzuzufügen. Es hat sich bestätigt, daß diese Mikros offenbar ebenso wie viele andere Mikrosporidien keine gefährlichen Toxine abscheiden. Damit ist aber nicht gesagt, daß solche überhaupt nicht existieren. Der Riesenwuchs, mit dem die besiedelten Zellen reagieren, dürfte im Gegenteil durch Ausscheidungen des Parasiten bewirkt werden. Schwacher Befall ist im übrigen für alle Wirte belanglos. Selbst bei starker Besiedelung der Organe gehen sie aber noch anscheinend normal allen ihren Aufgaben nach. Auch die geschlechtlichen Funktionen brauchen nicht gestört zu sein. Hodenfollikel, in denen ein gut Teil der Bildungszellen durch Befall ausgeschaltet sind, fahren in anderen unverändert mit der Produktion von Sperma fort. Entsprechendes gilt für die Ovarien. Auch Copula und Eiablage verlaufen normal. Die hier behandelten Mikrosporidien sind also viel harmlosere Parasiten als z. B. *Nosema bombycis* N. und *Plistophora schubergi* Zwölfer, die auch bei Lepidopteren schmarotzen, aber in Gestalt der Pebrine schwere, für ihre Wirte tödliche Seuchen bewirken (s. a. ZWÖLFER 1927 S. 98—109). Bei ganz schwerer Verseuchung, d. h. wenn die Hälfte der Zellen lebenswichtiger Organe oder noch mehr zerstört ist — und das ist oft der Fall — wird aber auch das biologische Bild des Wirts pathologisch. Die Entwicklung ist dann verlangsamt, oder die Imagines sind geschwächt und sterben vorzeitig. Wiederholt stießen wir wie erwähnt (s. S. 320) bei *Haplaspis nanus* Grav. und einmal auch bei einem Männchen von *Thysiotorus brevis* Thoms. auf frisch geschlüpfte Vollkerfe mit einem von schmutzigbraunen oder grauen Exkrementen aufgetriebenen Mitteldarm, während diese normalerweise schon von der Altlarve vor der Verpuppung ausgestoßen werden. Ein schwer verseuchtes Männchen der gleichen Ichneumonide erlahmte und starb beim Aufknabbern des Wirtkokons. Zuweilen bringen es die Puppen gar nicht erst zur Verwandlung, oder die Vollkerfe fallen verkrüppelt aus. So schlüpften ein stark befallenes Weibchen von *Pieris brassicae* L. und 2 Weibchen von *Haplaspis nanus* Grav. mit mißgebildeten Flügeln. In solchen Fällen scheinen, wenn wir den Befund bei diesen beiden Tieren verallgemeinern dürfen, die Ovarien infantil zu bleiben oder die Eier verspätet zur Entwicklung zu kommen. Bei Raupen, deren Spinndrüsen durch den Parasiten weitgehend zerstört sind, ist natürlich die Spinnfähigkeit herabgesetzt. In extremen Fällen sahen wir sie bei *P. brassicae* unter Verzwergungserscheinungen sterben. Eigenartig reagierten sie dann zuweilen bei gleichzeitigem *Apanteles*-Befall. Während die Larven des Braconiden normalerweise den Wirt erst verlassen, wenn die Altraupen verpuppungsreif sind, führt starke Besiedelung mit Mikrosporidien unter Umständen schon zu deren Auswandern, während

der Wirt noch auf dem vorletzten, also auf dem 4. Larvenstadium steht. Wir dürfen diese Erscheinung wohl als Folge der mit dem Befall verbundenen Entwicklungsverzögerung deuten, denn wir sahen stark unzureichende Ernährung der Raupen das gleiche Phaenomen zeitigen, ebenso wie MATTES (1928 S. 528) es bei *Ephestia kuehniella* Zeller nach Befall durch *Thelohania ephestiae* Mattes beobachtet hat. Übrigens verschärfen ungünstige Lebensbedingungen der Wirte auch das Krankheitsbild. Es ist möglich, daß damit infolge Verminderung der Abwehrpotenzen stärkere und schnellere Vermehrung der Parasiten parallel geht.

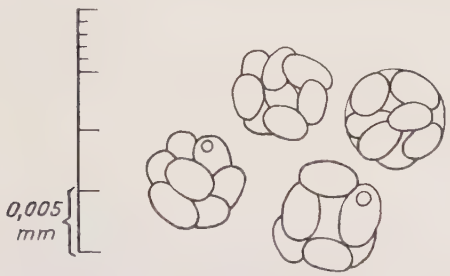

Abb. 9. Sporoblasten von *Thelohania mesnili* Paill. aus einer L V von *Pieris brassicae* L.

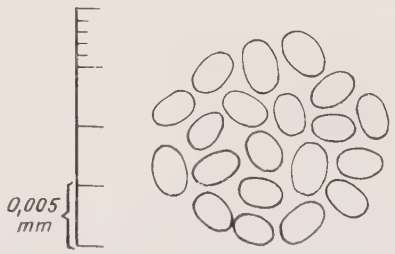

Abb. 10 Sporenmaterial aus dem Kadaver einer L V von *Pieris brassicae* L. nach dem Auswandern von *Apanteles*-Larven. Sporen vermutlich unreif

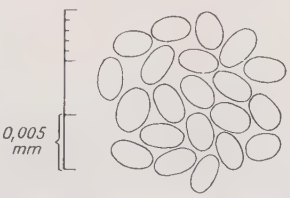

Abb. 11. Sporenmaterial aus den Spinnschläuchen einer älteren Larve von *Apanteles glomeratus* L. in einer L V von *Aporia crataegi* L. Sporen wahrscheinlich unreif

Ausgewichen bin ich bislang der Frage, auf welche Gattung und Spezies die hier behandelten Mikrosporidien zu beziehen sind. Abschließend muß ich das jetzt nachholen. Wenn wir die uns nur einmal begegnete *Thelohania mesnili* Paillot (Abb. 9) außer Spiel lassen (BLUNCK 1952 S. 432), gehört unser bislang durchgearbeitetes Material zweifelsfrei zur Gattung *Nosema*. Pansporoblasten kommen hier nicht vor. Auch mit den 3 von PAILLOT beschriebenen *Perezia*-Arten haben unsere Mikros also nichts zu tun, es sei denn, daß ihr Entdecker die eine oder die andere von ihnen in Fehldeutung der Entwicklung falsch bezogen hat.

Schwierigkeiten machte anfangs die Frage, ob wir es bei unserem Material mit einer oder mit mehreren Spezies zu tun haben. Heute meinen wir, daß letzteres der Fall ist. Dafür sprach von Anfang an das gelegentliche Auftreten ovoider (Abb. 10 u. 11) neben den fast stäbchenförmigen, also langgestreckten Sporen. Bei ersteren handelte es sich aber oft nur um ein gestaltlich besonders ausgezeichnetes Entwicklungsstadium, das früher oder später in die Stäbchenform übergeht. Infolgedessen kamen uns zeitweilig Zweifel, ob nicht etwa doch das ganze Material auf eine einzige Art zu beziehen sei. Später gewannen wir aber die Überzeugung, daß zum mindesten bei *Apanteles glomeratus* L. (Tab. 4 lfde. Nr. 4, 9, 11, 12, 15) und bei *Tetrastichus rapo* Walk. (Abb. 12) Mikrosporidien vorkommen, bei denen die eiförmige Spore das Endstadium der Entwicklung darstellt. Bei einer der hier vorliegenden Spezies bleiben die Sporen auch in der Größe merklich hinter dem Minimum der Ausmaße bei den Parasiten aus anderen Wirten zurück (Abb. 13 u. Tab. 2, bei *Tetrastichus rapo* Walk., s. Mini-

mum). Sowohl bei den Braconiden wie bei den Chalcididen kamen aber auch Sporen vor, die in Gestalt und Größe durchaus den Stäbchen aus *Pieris brassicae* glichen (Abb. 14 und Tab. 2 bei *Apanteles glomeratus* L., s. Maximum, sowie Tab. 4 lfde. Nr. 2, 3, 5, 9). Übergänge fehlten nicht ganz, wir sind aber jetzt überzeugt, daß die ovoiden Sporen des öfteren auf andere Spezies, wenn nicht gar auf eine andere Gattung, zu beziehen waren.

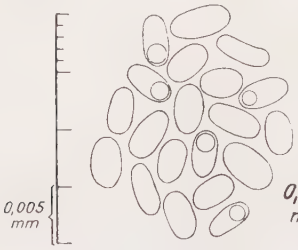

Abb. 12. Sporen aus dem Abdomen einer Imago von *Tetrastichus rapo* Walk.

Abb. 13. Sporen aus Nährzellen einer Ovariole von *Tetrastichus rapo* Walk.

Ab. 14. Sporen aus dem Abdomen einer Imago von *Tetrastichus rapo* Walk.

In diesem Sinne gibt auch die Erscheinung zu denken, daß bei den hier genannten Wirtsarten die verschiedenen Organsysteme oft unterschiedlich stark befallen werden, und daß auch bei einer und derselben Wirtsart mal dieses, mal jenes Organ am schlimmsten mitgenommen wird. So gibt es *Pieris*-Raupen, bei denen vornehmlich der Darmtraktus, und andere, bei denen das Corpus adiposum oder die Oenocyten-Garnitur am meisten heimgesucht ist. Unterschiede solcher Art können allerdings mit der Form der Infektion zusammenhängen. Erfolgt diese per os, so wird der Darm zuerst und am stärksten besetzt. Auch eine zuweilen beobachtete bevorzugte Ansiedlung der Parasiten im Anfangsteil der Spinndrüsen dürfte auf Eindringen von der Mundpartie aus beruhen. Wird die Raupe aber gelegentlich des Anstichs durch eine *Apanteles*-Wespe besiedelt, so gelangen die Sporen zunächst ins Blut, und es resultiert dann wohl bevorzugter Befall der Oenocyten und des Corpus adiposum. Über den Charakter einer Arbeitshypothese gehen diese Gedanken aber noch nicht hinaus.

Schwierig wären auch die oft frappanten Größenunterschiede der Sporen bei verschiedenen Individuen eines und desselben Wirts mit der Auffassung, daß es sich bei unserem Material nur um eine einzige *Nosema*-Spezies handelt, in Einklang zu bringen. Wir denken dabei nicht an die bei vielen Mikrosporidien neben den normalen Fortpflanzungszellen auftretenden „Riesensporen", d. h. an Sporen von rund der doppelten Dimension wie der der Hauptmasse. Sie fehlen auch hier nicht, können bis zu 13 µ lang sein und im Durchmesser bis zu 3 µ halten — bei einem Weibchen von *Apanteles glomeratus* fand sich eine Spore von 13 1/4 µ Länge — und sind dann von normaler Stäbchengestalt oder spindelförmig, in seltenen Fällen auch an den Polen knopfförmig verdickt, und ihre große Vakuole liegt meist zentral in der Körpermitte, also nicht polständig (Abb. 15). Die Riesen-

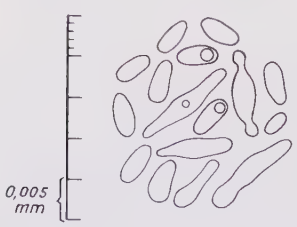

Abb. 15. Sporenmaterial aus einem Weibchen von *Apanteles glomeratus* L., Sporen zum Teil abnorm

sporen von normaler Stäbchengestalt wird man mit REICHENOW (1953, S. 1008) als normale Auswirkung der Bildung relativ weniger Kernteilungen bei der Sporoblastenbildung, also als Produkte günstigster Ernährungsverhältnisse ansprechen dürfen. Sie sind durch alle Übergänge der Dimensionen mit normalen Sporen verbunden. Die großen Sporen mit zentral gelegenen Vakuolen und jene mit knopfförmig verdickten Enden halten wir aber für pathologische Bildungen. Sie dürften durch Unterbleiben oder

Tabelle 2. Größenverhältnis der Sporen[1])

Wirt		Parasit					
			Größe der Sporen in μ				
Spezies	Individuenzahl	Spezies	Zahl der Sporen	Minimum	Mittel	Maximum[2])	durchschnittl. Länge : Breite
Pieris brassicae L.	22	*Nosema polyvora* Bl.	279	3,3 × 1,5	5,0 × 1,9	7,5 × 2 bzw. 5,7 × 2,5	2,6 : 1
Pieris brassicae L.	2	*Thelohania mesnili* Paillot	29	4,5 × 2,6	4,8 × 2,9	5,5 × 3,5	1,7 : 1
Pieris rapae L.	5	*Nosema polyvora* Bl.	32	4,4 × 1,7	5,4 × 1,9	6,6 × 7, bzw. 6,2 × 2,4	2,8 : 1
Aporia crataegi L.	9	*Nosema polyvora* Bl.	91	4,1 × 1,7	4,8 × 1,9	6,1 × 2	2,5 : 1
Apanteles glomeratus L.	6	*Nosema* sp.	87	3,8 × 1,6	4,9 × 1,9	6,3 × 1,9 bzw. 5,5 × 2,5	2,6 : 1
Hemiteles fulvipes Grav.	9	*Nosema* sp.	124	4,2 × 1,9 bzw. 4,4 × 1,1	5,3 × 2	6,7 × 2,8	2,7 : 1
Hemiteles simillimus sulcatus Bl.	2	*Nosema* sp.	24	4 × 1,3	5,1 × 1,6	6,7 × 1,7 bzw. 3,5 × 1,9	3,2 : 1
Gelis cf. transfuga Först.	2	*Nosema* sp.	28	4 × 1,5 bzw. 4,5 × 1,25	5,1 × 2	6,0 × 2	2,6 : 1
Thysiotorus (Leptocryptus) brevis Thoms.	4	*Nosema* sp.	31	3,8 × 1,5 bzw. 4,5 × 1,3	4,8 × 1,6	6,1 × 1,7 bzw. 5,7 × 1,9	3,0 : 1
Dibrachys cavus Walk.	1	*Nosema* sp.	3	4,9 × 1,7	5,0 × 1,7	5,0 × 1,7	2,9 : 1
Tetrastichus rapo Walk.	8	*Nosema* sp.	67	3,1 × 1,1	4,5 × 1,9	7 × 2,5	2,4 : 1
Apis mellifica L.	2	*Nosema apis* Zander	23	4,9 × 2,9 bzw. 5,8 × 2,7	5,6 × 3,0	6,5 × 3,3 bzw. 5,2 × 3,4	1,87 : 1

[1]) Unreife, stark ovoide Sporen sind nicht berücksichtigt.
[2]) Ohne Berücksichtigung der „Riesensporen" („Doppelsporen").

unvollständiges Absolvieren der letzten Zellteilung entstanden sein. Selten stellen sie mehr als Bruchteile von 1 %, häufiger weniger als 1 ‰ der Gesamtzahl.

Auch die normalen Sporen schwanken in ihren Dimensionen aber von Wirt zu Wirt zuweilen stark. Und auch bei einer und derselben Wirtsart kann man von Individuum zu Individuum oder gar von Organ zu Organ auf Sporen unterschiedlicher Größe stoßen. Ich verweise auf das weiter oben (S. 327 u. 328) in bezug auf *Ap. glomeratus* L. und *Tetrastichus rapo* Walk. Gesagte. Die Tabellen 2, 3 u. 4 bringen weitere Beispiele. Danach beträgt die Durchschnittsgröße der reifen Sporen, bezogen auf alle Sporen ohne Berücksichtigung der Wirtsart, etwa 5×1,9 µ, das Längen-Breitenverhältnis also etwa 2,6 : 1. Bei allen Wirten kommen aber auch wesentlich kleinere und beträchtlich größere, im übrigen normale Sporen vor. Die beobachteten Extreme waren bislang 3,3 × 1,5 bzw. 7,5 × 2 oder 6,7 × 2,8 µ. Bei den ausgewachsenen Sporen lag der Längen-Breitenindex nie unter 2,2 : 1 und nicht über 3,9 : 1, im Durchschnitt aber bei 2,6 : 1. Dickere Sporen als solche mit einem Längen-Breitenindex von 2,2 : 1 machten einen unreifen Eindruck. Die größten Sporen normaler Gestalt fanden wir mit 7,5 × 2 µ bei *Pieris brassicae* L., die kleinsten mit 3,1 × 1,1 µ, wie schon gesagt, bei *Tetrastichus rapae* Walk., doch fehlte es

Tabelle 3. Nosema polyvora Bl. Sporen aus verschiedenen Entwicklungsstadien und verschiedenen Organen von *Aporia crataegi* L.

Wirt		Sporen					Bemerkungen
Stadium	Sporenhaltiges Organ	Zahl der untersuchten Sporen	Dimensionen in µ			durchschnittliche Länge : Breite	
			Minimum	Mittel	Maximum		
L V	Leibesbrei	6	4,2 × 2,2	4,6 × 2,6	5 + 2,5	1,8 : 1	Sporen wohl unreif
„	Leibesbrei	47	4 × 1,5	4,7 × 1,8	5,8 × 2 bzw. 5,3 × 2,3	2,6 : 1	
„	Leibesbrei	4	4,6 × 1,8	5,0 × 1,9	5,3 × 1,9 bzw. 5,2 × 2	2,6 : 1	
„	Ausgebrochener Magensaft	13	4,3 × 1,8	4,8 × 1,9	5,5 × 2,3	2,5 : 1	
„	Riesenoenocyt	4	4 × 1,5	4,1 × 1,7	4,5 × 1,8 bzw. 4 × 2	2,4 : 1	
„	Hoden	9	4 × 2,4	5,2 × 2,6	6 × 3,2	2 : 1	Sporen wohl unreif
„	Corpus adiposum	10	4,2 × 1,5	4,6 × 1,9	5 × 2,8	2,4 : 1	Sporen wohl teils unreif
Puppe	Leibesbrei	8	5 × 1,3	5,5 × 2	6,1 × 2 bzw. 6 × 2,3	2,75 : 1	

Tabelle 4. Mikrosporidiensporen aus *Apanteles glomeratus* L.

Laufende Nr.	Kultur-Nr.	Datum der Untersuchung	Stadium des Wirts (L, P, I)	Befallenes Organ	Anzahl der gemess. Sporen	Länge × Breite der Sporen (Minimum — Mittelwert — Maximum)		Relativ schlankste Spore	
						absolute Werte in µ	relative Werte	absoluter Wert in µ	relativer Wert
1	53/232	5. 12. 53	L	Larvenkot im Kokon d. Wirts	20	(4,1×1,7) — (4,42×1,74) — (4,8 ×2,1)	(2,41 : 1) — (2,54 : 1) — (2,18 : 1)	(4,4×1,6)	(2,8 : 1)
2	53/232	2. 12. 53	L	Larvenkot im Kokon d. Wirts	43	(4 × 2) — (4,96×1,91) — (6,3 ×1,8)	(2 : 1) — (2,6 : 1) — (3,5 : 1)	(6,3×1,8)	(3,5 : 1)
3	53/598	31. 12. 53	L	Darmwand (Mitteldarm)	13	(5,2×2,1) — (6,15× 2,4) — (7,4 ×2,5)	(2,5 : 1) (2,56 : 1) (2,95 : 1)	(7,4×2,5)	(2,95 : 1)
4	53/503	13. 12. 53	I	Mitteldarm-epithel	20	(3,2×2,2) — (4,0 × 2,2) — (4,9 ×2,5)	(1,5 : 1) — (1,8 : 1) — (2 : 1)	(4,9×2,5)	(1,96 : 1)
5	53/351	12. 12. 53	L	Mitteldarminhalt	31	(4,3×2,2) — (5,01× 2,5) — (6 ×2,5)	(1,95 : 1) — (2,00 : 1) — (2,4 : 1)	(5,5×2,2)	(2,5 : 1)
6	51/806a	2. 9. 51	L	? Vorder- od. Enddarm	9	(3 ×1,5) — (3,7 × 1,8) — (4 × 2)	(2 : 1) — (2 : 1) — 2 : 1)	(4,0×1,5)	(2,7 : 1)
7	53/503	13. 12. 53	I	Magen (? und andere Organe)	20	(4,2× 2) — (4,7 × 2,2) — (5,7 ×2,4)	(2,1 : 1) — (2,1 : 1) — (2,1 : 1)	(5,4×2,3)	(2,3 : 1)
8	51/807	9. 7. 52	I	Exkrete der Vasa Malp.	6	(4,2×1,8) — (4,9 × 1,8) — (5,6 × 2)	(2,3 : 1) — (2,7 : 1) — (2,8 : 1)	(4,4×1,3)	(3,4 : 1)
9	53/41	6. 5. 53	I	Germarium, Nährzellen, Ovidukte, Magen	16	(3,5×1,8) — (5,2 × 2,5) — (6,3 × 3)	(1,9 : 1) — (1,08 : 1) — (2,1 : 1)	(3,5×1,8)	(2 : 1)
10	52/27	7. 6. 52	I	Uratzelle	14	(4 × 2) — (5,7 × 2,2) — (5,75×2,3)	(2 : 1) — (2,6 : 1) — (2,5 : 1)	(5,2×1 8)	(2,9 : 1)
11	52/320a	29. 5. 52	L[2]	Spinndrüsen-schläuche	16	(3,3×2,8) — (3,8 × 2,4) — (4 × 3)	(1,2 : 1) — (1,6 : 1) — (1,3 : 1)	(3,6× 2)	(1,8 : 1)
12	52/29	13. 7. 52	P[2]	div. Organe (Ausstrichpräparat)	9	(3,8×1,8) — (4,3 × 2,2) — (5 ×2,3)	(2,1 : 1) — (2 : 1) — (2,2 : 1)	(3,8×1,8)	(2,1 : 1)
13	52/171	22. 7. 52	L[2]	div. Organe (Ausstrichpräparat)	20	(3,4×1,9) — (4,1 × 2,2) — (5 ×2,7)	(1,8 : 1) — (1,9 : 1) — (1,9 : 1)	(4,2×1,7)	(2,5 : 1)
14	52/326b	6. 7. 52	L	div. Organe (Ausstrichpräparat)	10	(4,5×2,4) — (4,99× 2,4) — (5,7 ×2,7)	(1,9 : 1) — (2,1 : 1) — (2,1 : 1)	(4,7× 2)	(2,35 : 1)
15	53/522	16. 12. 53	L[2]	div. Organe (Ausstrichpräparat)	19	(3 × 2) — (4,07×2,24) — (4,6×2,4)[3]	(1,5 : 1) — 1,8 : 1) — (1,9 : 1)[3]	(4,4×2,2)	(2,0 : 1)

[1]) L = Larve, P = Puppe, I = Imago. [2]) tot. [3]) Ohne Berücksichtigung von 2 Riesensporen von 6,2×2,7 bzw. 4,8×2 µ.

bei beiden Arten auch nicht an viel kleineren bzw. größeren Sporen, nämlich solchen von 3,3 × 1,5 bzw. 7 × 2,5 µ.

Die unterschiedliche Größe und Gestalt der Sporen bei verschiedenen Organen eines und desselben Wirts kam außer bei *Apanteles glomeratus* L. und *Tetrastichus rapo* Walk. noch sehr deutlich bei *Aporia crataegi* L. zum Ausdruck (Tab. 3). Hier beträgt die Größe, bezogen auf den Durchschnitt bei allen Organen 4,8 × 1,8 µ, der Längen-Breitenindex also 2,7 : 1. In einem Riesenoenocyten einer Altlarve waren die Sporen, von denen allerdings nur 4 genau gemessen wurden, mit durchschnittlich 4,1 × 1,7 µ wesentlich kleiner und etwas dicker (2,4 : 1); in einer Puppe dagegen mit 5,5 × 2 µ merklich größer und schlanker (2,75 : 1). Im ausgebrochenen Magensaft einer Altlarve und im Leibesbrei einiger L V nahmen sie eine Mittelstellung ein.

Solche Differenzen geben natürlich zu denken. Ein sicheres Merkmal für das Vorliegen mehrerer Spezies wäre dieser Umstand aber allein auch noch nicht. Es könnte sich auch um Auswirkung ungleicher Milieubedingungen beim Werden der Sporen handeln. Auch lassen sich die hier beschriebenen stäbchenförmigen Sporen ohne Überschneidungen von denen der ebenfalls bei *Pieris brassicae* L. parasitierenden *Thelohania mesnili* Paillot unterscheiden. Diese passen zwar der Länge nach durchaus in die gleiche Größenklasse, sind mit 4,8 × 2,9 µ, d. h. mit einem Index von 1,7 : 1 aber wesentlich dicker (Tab. 2). Nur der Vollständigkeit halber sei vermerkt, daß auch *Nosema apis* Zander mit ihren durchschnittlich 5,6 × 3 µ bzw. 1,87 : 1 messenden Sporen ganz außerhalb unserer Reihe liegt (Tab. 2). Man muß weiter bedenken, daß ähnliche Diskrepanzen in den Dimensionen der Sporen, wie wir sie hier beschrieben haben, auch bei anderen Mikrosporidien vorkommen. So verzeichnen STEINHAUS und HUGHES (1949, S. 69—74) für ihre *Plistophora californica* aus *Gnorimoschema operculella* Zeller als Durchschnittsmaß 2 × 1 µ, sie fanden aber auch Extreme von 1,5 bzw. 3 µ Länge und 0,8 bzw. 1,2 µ Dicke (s. a. REICHENOW Bd. 2, 1953 2. Teil).

Wir fassen zusammen: Das heute behandelte Material ist zum Teil auf die von uns in Amsterdam als *Nosema polyvora* Bl. vorgestellte Spezies zu beziehen aber untermischt mit einer oder mehreren anderen Spezies, deren nähere Charakterisierung bis nach Erkundung ihres Entwicklungsganges zurückgestellt werden muß.

Literaturverzeichnis

BLUNCK, H., Über die bei *Pieris brassicae* L., ihren Parasiten und Hyperparasiten schmarotzenden Mikrosporidien. — Trans. IX. intern. Congr. Entom. Amsterdam, **1**, 432—438, 1952.

BOESE, G., Der Einfluß tierischer Parasiten auf den Organismus der Insekten. — Z. Parasitenk. **8**, 243—284, 1936.

CAULLERY, M., Le Parasitisme et la Symbiose. — Encyclopédie Scientifique. 2. éd. G. Doin, Paris 1950.

DOFLEIN, FR. u. REICHENOW, E., Lehrbuch der Protozoenkunde. 6. Aufl. Jena 1953.

FAURE, J. C., Contribution à l'étude d'un complexe biologique: la piéride du chou (*Pieris brassicae* L.) et ses parasites hyménoptères. — Lyon 1926, 221 pg.

KUDO, R., Eine neue Methode, die Sporen von *Nosema bombycis* Nägeli mit ihren ausgeschnellten Polfäden dauerhaft zu präparieren und deren Länge genauer zu bestimmen. — Zool. Anz. **41**, 368—371, 1913.

Mattes, O., Über den Entwicklungsgang der Microsporidie *Thelohania ephestiae* und die von ihr hervorgerufenen Krankheitserscheinungen. — Z. wiss. Zool. **132**, 526—582, 1928.

Payne, N. M., A parasitic hymenopteron as a vector of an insect disease. — Entomol. News **44**, 22, 1933.

Steinhaus, E. A., Principles of Insect Pathology, 1. Ed. New York, Toronto & London, 1929.

Steinhaus, E. A. u. Hughes, K. M., Two newly described species of Microsporidia from the potato tuberworm, *Gnorimoschema operculella* Zell. (Lepidoptera Gelechiida). — J. Parasitol. **35**, 67—75, 1949.

Stempell, W., Über *Nosema bombycis* Nägeli. — Arch. Protistenk. **16**, 281—358, 1909.

Zander, E., Handbuch der Bienenkunde in Einzeldarstellungen II.: Krankheiten und Schädlinge der erwachsenen Bienen. 4. Aufl., Stuttgart 1944.

Zwölfer, W., Die Pebrine des Schwammspinners (*Porthetria dispar* L.) und Goldafters (*Nygmia phaeorrhoea* Don. = *Euproctis chrysorrhoea* L.), eine neue wirtschaftlich bedeutungsvolle Infektionskrankheit. — Verhandl. D. Gesell. angew. Entomol. 6. Mitgliedervers. Wien 1926, 98—109, 1927.

Die Kohlensäure-Sauerstoff-Druckmethode zur Bekämpfung der Großen Narzissenfliege (*Lampetia Equestris* F.)

Von

W. E. de Mol van Oud Loosdrecht, Amsterdam

Mit 6 Abbildungen

II. Das Töten der Made und der Zustand der Zwiebeln bei Anwendung der Köhlensäure-Sauerstoff-Druckmethode (1939—1941)

Inhaltsverzeichnis: 1. Einleitung. — 2. Versuche 1939—1940. — 3. Wird die Zwiebel durch die Behandlung beschädigt? — 4. Versuche 1940—1941. — 5. Zusammenfassung. — 6. Figurenerklärung. — Literatur.

1. Einleitung

Wie in einer vorhergehenden Publikation bereits mitgeteilt wurde (de Mol, 1953), ist auf drei Manieren danach getrachtet worden, die Made der Großen Narzissenfliege (*Lampetia equestris* F.) im Innern der Zwiebel in der Weise abzutöten, daß die Zwiebel selbst und der sich darin entwickelnde neue Sproß nicht zu leiden haben.

Bei der stärksten Röntgenbestrahlung, welche man anwenden konnte ohne der Zwiebel zu schaden, ist dies bisher nicht gelungen.

Bei einer Behandlung mit ultrakurzen elektromagnetischen Wellen gelang es aber wohl. Ohne weitere großzügige Versuche vorzunehmen, dürfte es jedoch nicht möglich sein, festzustellen, ob diese Wellen in der Praxis zu verwenden sind.

Durch eine Behandlung der Zwiebeln mit Stickstoff, Kohlensäure oder Sauerstoff unter einem Druck von 1 at, oder unter einem Druck von mehr als 1 at, konnte die Made nicht getötet werden, selbst nicht bei einem Druck von 500 at Stickstoff.

Anders verhielt es sich jedoch, wenn Kohlensäure und Sauerstoff kombiniert derartig verabreicht wurden, daß 20% Kohlensäure und 80% Sauerstoff 24 Stunden lang unter einem Druck von 12 at wirkten.

Alle diese Versuche wurden in den Jahren 1938—1939 unternommen; diejenigen mit Gasen in der Zeit vom 26. Oktober 1938 bis zum 30. Januar 1939.

Hierbei handelte es sich begreiflicherweise nur um Laboratoriumversuche. Der größte Behälter, worin die Zwiebeln unter Gasdruck gebracht wurden, konnte etwas mehr als 100 Narzissenzwiebeln befassen.

Als es sich herausgestellt hatte, unter welchen Konditionen die Kohlensäure und der Sauerstoff den Tod der Larve herbeiführen, wurden die Ver-

Tabelle 1

Nr. der Probe	Varietät	Datum der Behandlung	Gasmischung	Zahl der at	Zahl der Stunden	Datum der Untersuchung	Resultat
1	Empor	18. VIII.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24	22. VIII.	20 Zwiebeln wurden aufgeschnitten, worin 16 Larven gefunden wurden; sie waren alle tot und in Größe sehr verschieden, die eine wohl zweimal so dick und so lang als die andere, während beide doch von *Lampetia equestris F.* stammen.
2	Bonfire	21. VIII.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24	24. VIII.	20 Zwiebeln aufgeschnitten; darin 6 Larven gefunden; alle waren getötet
3	Tresserve	17. VIII.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24	22. VIII.	20 Zwiebeln aufgeschnitten; keine Larven darin gefunden
4	Helios	22. VIII.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24	24. VIII.	soviel Zwiebeln aufgeschnitten bis 10 Larven gefunden waren. Alle Larven waren tot
5	Helios	23. VIII.	20% CO_2 + 80% O_2	12	16	25. VIII.	wie Nr. 4
6	Helios	24. VIII.	20% CO_2 + 80% O_2	12	6	25. VIII.	die erste beste Larve, die gefunden wurde, lebte
7	King Alfred	25. VIII.	20% CO_2 + 80% O_2	12	$13^1/_2$	29. VIII.	10 Larven, alle getötet; dieselben waren schon sehr groß; ausnahmsweise waren 2 Larven noch klein
8	Helios	26. VIII.	20% CO_2 + 80% O_2	12	9	27. VIII.	10 Larven, alle tot
						28. VIII.	den Rest der Zwiebeln aufgeschnitten; hierin waren keine lebenden Larven
9	King Alfred	28. VIII.	20% CO_2 + 80% O_2	12	9	1. IX.	soviel Zwiebeln aufgeschnitten bis 10 Larven gefunden waren; einen Augenblick schien es, als ob eine Larve sich bewegte; bei weiterer Beobachtung wurde keinerlei Bewegung mehr festgestellt
						2. IX.	um ein bestimmtes Urteil zu erhalten, wurden wieder 10 andere Larven kontrolliert; alle waren tot
						14. IX.	den Rest der Zwiebeln aufgeschnitten; auch darin wurden keine lebenden Larven angetroffen
10	King Alfred	30. VIII.	20% CO_2 + 80% O_2	12	8	1. IX.	eine Anzahl Zwiebeln aufgeschnitten; darin waren 18 Larven; anscheinend leblos
						2. IX.	eine der 18 Larven kehrte zum Leben zurück; noch einige Zwiebeln aufgeschnitten; auch darin wurde eine lebende Larve angetroffen

suche mit diesen Gasen fortgesetzt, und zwar vom 18. August bis zum 25. Oktober 1939 und vom 16. Juli bis zum 18. November 1940. Dabei wurde versucht, noch genauere Einzelheiten über die Zahl der at und die Zahl der Stunden zu erlangen, welche an gewissen Zeitpunkten (früheren oder späteren) erforderlich sind.

Außerdem wurde damit angefangen festzustellen, wie es mit den Sprossen bestellt war, welche sich im Jahre nach der Behandlung aus den Zwiebeln entwickelt hatten.

2. Versuche 1939–1940

Vom 18. August bis zum 30. August wurden 10 Versuche unternommen, bei welchen die Larven 24 Stunden (oder weniger lang) einem Druck von 12 at ausgesetzt waren.

Der Apparat, welcher vom 9. Dezember 1938 ab hierzu gebraucht worden war — siehe DE MOL, 1953 — wurde in den Jahren 1939 und 1940 ebenfalls ständig benutzt (Fig. 1).

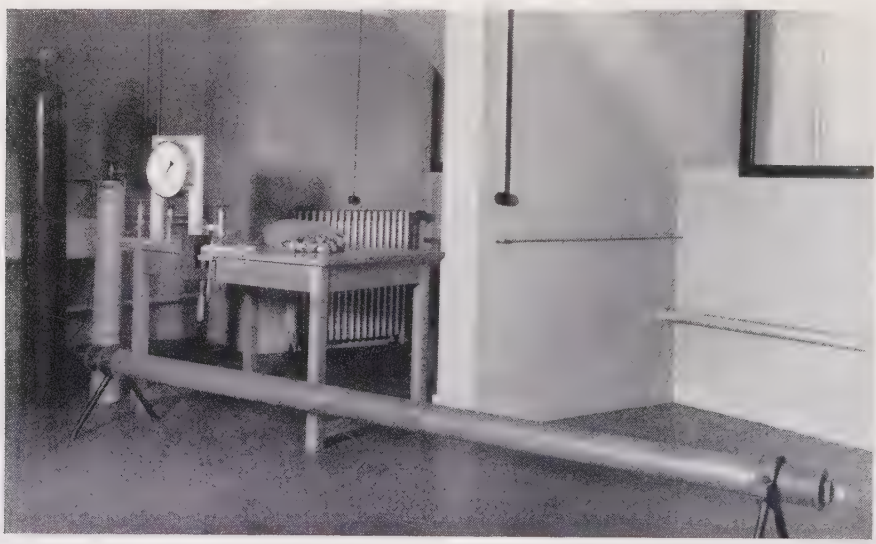

Fig. 1.
Der Apparat, welcher für die Kohlensäure-Sauerstoff-Druckmethode von 1938 bis 1940 verwendet wurde

Aus diesen Resultaten geht hervor, daß die Grenze der Behandlungsdauer zwischen 8 und 9 Stunden liegt.

Vom 1. September bis zum 14. September wurden auch wieder 10 Versuche unternommen. Nr. 11 und 12 waren eine Wiederholung von Nr. 8 und 9. Sie bestätigten, daß die Larven bei 9stündiger Behandlung unter einem Druck von 12 at auch noch im September getötet werden können.

Aus diesen Resultaten geht hervor, daß die Stundenzahl höher sein muß als 9 Stunden, wenn der Druck auf 10 at herabgesetzt wird. (14 Stunden: Nr. 17.)

Für die Praxis kann es selbstverständlich von größter Bedeutung sein, die kürzeste Behandlungsdauer zu wissen.

Tabelle 2

Nr. der Probe	Varietät	Datum der Behandlung	Gasmischung	Zahl der at	Zahl der Stunden	Datum der Untersuchung	Resultat
11	Bicolor Victoria	1. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	12	9	6. IX.	10 Larven tot; die Larven waren besonders groß; 2 Larven der Kleinen Narzissenfliege befanden sich bereits im Puppenstadium; bei späterer Kontrolle zeigte sich, daß sie auch nicht weiter zur Entwicklung gekommen waren
						19. IX.	wiederum 10 Larven aus den Zwiebeln geholt; alle tot; auch hierunter befanden sich 2 Puppen der Kleinen Narzissenfliege, die sich später nicht weiter entwickelten
12	Orange Glory	4. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	12	9	4. IX.	10 Larven, alle tot
13	Twink	5. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	10	$8^1/_2$	8. IX.	Larven lebend
14	Twink	8. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	10	11	12. IX.	alle Larven (10) anscheinend tot. Bei einer Larve war es zweifelhaft, ob sie sich noch bewegte oder nicht
						14. IX.	wieder 10 Larven kontrolliert; nach Zufuhr von Wärme und Feuchtigkeit bewegte sich eine der Larven; einige Tage später war sie wieder ganz normal
15	Twink	7. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	10	$7^1/_2$	8. IX.	Larven lebend
16	Twink	6. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	10	$8^1/_2$	8. IX.	Larven lebend
17	Spring Glory	11. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	10	14	13. IX.	10 Larven kontrolliert; eine schien sich noch sehr schwach zu bewegen
						14. IX.	wieder 10 Larven aus den Zwiebeln geholt; alle waren tot
18	Spring Glory	9. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	10	10	12. IX.	von den 10 Larven lebten 3
19	King Alfred	12. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	10	11	13. IX.	von den 10 Larven lebten 4
20	King Alfred	14. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	10	11	15. IX.	nach längerer Zeit wurde festgestellt, daß 3 Larven lebten

Vom 15. September bis 27. September wurde eine dritte Serie von 10 Versuchen unternommen.

Je nachdem das Datum später liegt, muß auch die Zahl der at erhöht und die Dauer der Behandlung verlängert werden; vergleiche hierzu Nr. 26 und 30. Es besteht aber die Möglichkeit, daß hierbei auch noch andere Faktoren eine Rolle gespielt haben; siehe weiter. Bei einem Druck von 15 at, $10^1/_2$ Stunden lang, werden die nunmehr bereits ausgewachsenen Larven noch alle getötet.

Eine vierte Serie Proben wurde noch vom 2. Oktober bis zum 25. Oktober ausgeführt, alle bei einem Druck von 12 at.

Schon bei der am 2. Oktober unternommenen Probe (Nr. 33) stellte sich heraus, daß eine 15stündige Behandlungsdauer nicht mehr genügt. Daß die Larven bei einer längeren Behandlungsdauer zu töten sind, beweisen die später durchgeführten Versuche.

Bei dem Versuch Nr. 49 wurden 80 % Kohlensäure und 20 % Sauerstoff verabreicht. Die Maden waren tot. Die Zwiebeln können aber diesen hohen Prozentsatz Kohlensäure nicht vertragen.

Wie aus den vorhergehenden Tabellen zu ersehen ist, sind die Nummern: 31, 32, 34, 38, 39, 40 und 44 darin nicht erwähnt worden. Die Zwiebeln von Nr. 31 (Cheerfulness), Nr. 32 (Early Orange) und Nr. 34 (Cheerfulness) wurden ausschließlich dazu verwendet, um das Wachsen und die Größe der Made zu kontrollieren, und zu weiter nichts. Die Zwiebeln von Nr. 38 (Princeps) enthielten Maden; sie wurden aber nicht behandelt, sondern gepflanzt. Diejenigen von Nr. 39 (King Alfred) wurden vor der Behandlung gekühlt; es kamen keine Maden darin vor, auch nicht in Nr. 40 und 44 (beide King Alfred). Diese King Alfred-Zwiebeln wurden alle gepflanzt. Siehe ferner Tabelle 12, Nr. 1—74, worunter sich auch die hier besprochenen Nummern befinden.

In den Monaten August und September wurde eine kürzere Behandlungsdauer als 24 Stunden festgestellt, worin die Made getötet wird. Im Oktober waren dazu aber wieder 24 Stunden nötig.

Tabelle 5 gibt die Fälle an, in denen die Made bei Verabreichung von 20 % CO_2 und 80 % O_2 unter 12 at Druck getötet wurde. Diese 19 Fälle werden in nachstehender graphischen Darstellung durch Punktkoordinaten angedeutet. Auf der X-Achse sind die Daten vom 18. August bis zum 25. Oktober angegeben, während auf der Y-Achse die Stundenzahl erwähnt ist. Wenn man nun von der Abszissenachse jedesmal eine Abszisse abzieht und daraufhin von der Ordinatenachse eine Ordinate, dann erhält man diese 19 Punktkoordinaten. Die dicke schwarze Linie verbindet die 19 Punkte. Die breite graue Linie gibt an, wo unter den obwaltenden Umständen in den genannten drei Monaten ungefähr die niedrigste Stundenzahl liegt, worin die Made getötet wird (Fig. 2).

Es ist schwierig, endgültig festzustellen, ob die Larven nach der Behandlung noch leben oder nicht. Es kam mehrmals vor, daß Larven, welche anfangs tot zu sein schienen, sich später als lebend erwiesen.

Besonders direkt nach der Behandlung kommt es vor, daß die Larve kein Lebenszeichen von sich gibt. Wenn die Behandlung nicht lange genug gedauert hat, kommt die Larve allmählich wieder zu sich. Um nun davor sicher zu sein, ob die Larve getötet wurde oder nicht, muß sie in eine möglichst günstige Umgebung gebracht werden; diese muß feucht und warm sein.

Nachdem nun die Larven aus den Zwiebeln geholt worden waren, wurden sie auf eine Petrischüssel gelegt, deren Boden mit einigen Lagen feuchten Filtrierpapiers bedeckt war. Auf die oberste Lage wurde eine gerade Linie gezogen und alle Larven wurden mit ihrem Vorderteil nebeneinander gegen diese Linie gelegt. Danach wurde die Petrischüssel halb zugedeckt, (damit die Feuchtigkeit nicht zu schnell verdunsten konnte) und in eine warme Umgebung gebracht. Wenn nun eine Larve wieder Lebenszeichen von sich gab und sich nur einigermaßen bewegte, dann war dies sofort an ihrer Lage zu ersehen (Fig. 3).

Auf keinen Fall dürfen die Larven trocken hingelegt werden. Dann kleben sie am Boden fest und können — selbst wenn sie leben — nicht in Bewegung kommen.

Anstatt Filtrierpapier könnte man auch Watte nehmen, was aber bestimmt nicht zu empfehlen ist, weil die Larven dann in ihren Bewegungen gehindert werden.

Was ist nun die Ursache davon, daß die Larven im letzten Monat nicht mehr so leicht zu beeinflussen waren? War ihre Widerstandsfähigkeit durch ihre weitere Entwicklung größer geworden? Sie hatten sich bestimmt gut entwickelt, aber auch im August waren schon Larven angetroffen worden, welche dieses Stadium bereits erreicht hatten und die nach kurzer Behandlung dennoch getötet wurden. Vielleicht ist das Stadium, worin sich die Larve befindet, doch nicht von so großer Bedeutung als man ursprünglich angenommen hat. Besondere Aufmerksamkeit muß der Temperatur gewidmet werden.

Tabelle 3

Nr. der Probe	Varietät	Datum der Behandlung	Gasmischung	Zahl der at	Zahl der Stunden	Datum der Untersuchung	Resultat
21	Laurens Koster	15. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	12	10	18. IX.	in den Zwiebeln waren keine Larven anwesend
22	Laurens Koster	16. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	10	14	18. IX.	wie Nr. 21
23	Orange Cup	18. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	15	8	19. IX.	Larven lebend
24	Orange Cup	19. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	15	$10^1/_2$	19. IX.	alle Larven tot; alle waren bereits ausgewachsen
25	Orange Cup	20. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	15	$14^1/_2$	20. IX.	alle Larven tot
26	Orange Cup	21. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	12	10	25. IX.	alle Larven tot
27	Cheerfulness	22. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	10	10	25. IX.	Larven lebend
28	Cheerfulness	25. IX.	25% CO_2 + 75% O_2	8	15	3. X.	Larven lebend
29	Orange Cup	26. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	10	14	3. X.	Larven lebend
30	Orange Cup	27. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	12	14	4. X.	Larven lebend

Tabelle 4

Nr. der Probe	Varietät	Datum der Behandlung	Gasmischung	Zahl der at	Zahl der Stunden	Datum der Untersuchung	Resultat
33	Early Orange	2. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	15	3. X.	Larven lebend
35	Princeps	3. X.	10% CO_2 + 90% O_2	12	14½	5. X.	Larven lebend
36	Princeps	6. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24	6. X.	Larven tot
37	Princeps	9. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24	10. X.	Larven tot
41	King Alfred	13. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24	14. X.	Larven tot
42	King Alfred	16. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24	18. X.	Larven tot
43	King Alfred	17. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24	18. X.	Larven tot
45	Christmas Glory	19. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24	21. X.	Larven tot
46	Golden Spur	20. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	40	24. X.	Larven tot
47	Golden Spur	23. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24	24. X.	Larven tot
48	Sir Watkin	24. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24	25. X.	keine Larven
49	Helios	25. X.	80% CO_2 + 20% O_2	12	14	26. X.	Larven tot

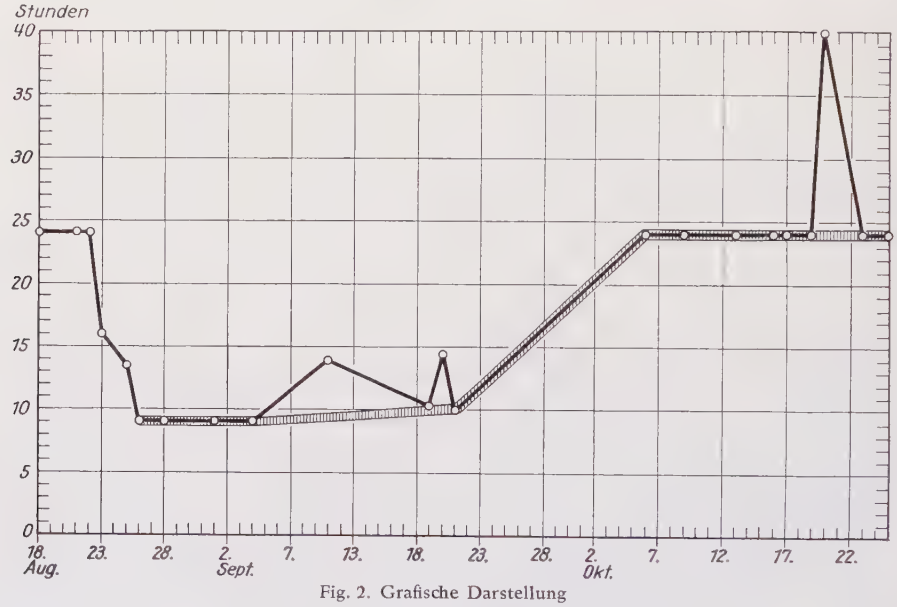

Fig. 2. Grafische Darstellung

Tabelle 5.

	August							September			Oktober								
Nr. der Probe	1	2	4	5	7	8	9	11	12	26	36	37	41	42	43	45	46	47	49
Datum	18.	21.	22.	23.	25.	26.	28.	1.	4.	21.	6.	9.	13.	16.	17.	19.	20.	23.	25.
Stundenzahl	24	24	24	16	13½	9	9	9	9	10	24	24	24	24	24	24	40	24	24

An den so besonders kalten Tagen im Oktober 1939 mußte die Dauer der Behandlung plötzlich bis auf 24 Stunden erhöht werden. Wie ist das zu erklären? Die Made fühlt sich in einer warmen Umgebung am wohlsten. Ihre Atmung ist dann normal (August). Wenn sich die kältere Jahreszeit nähert, geht die Larve zu latentem Leben über und ihre Atmung wird sehr geringfügig. Während der Behandlung im August und im September haben die Larven selbstverständlich von den verabreichten Gasen mehr eingeatmet, und dadurch hatte die Behandlung eine kurze Zeit lang eine intensivere Wirkung. Vielleicht wird diese Meinung zum Teil bereits durch die Versuche bestätigt, welche in Tabelle 6 angeführt sind.

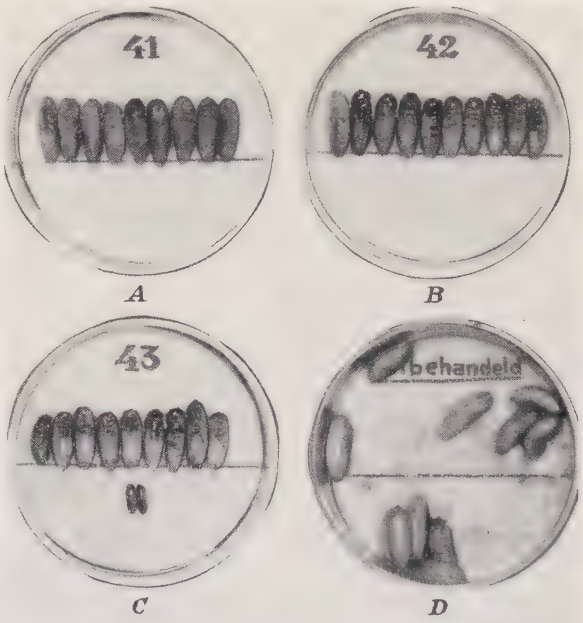

Fig. 3. Auf der Petrischale nebeneinander liegende Maden der Großen Narzissenfliege; A, B, C (Versuche Nr. 41, 42 und 43): die Maden sind abgetötet; D: es hat sich herausgestellt, daß die Maden nicht tot sind

Siehe hierzu die Tabellen 7 und 8, welche sich auf die Tagestemperatur und auf die Durchschnittstemperatur beziehen.

Tabelle 6

Nr. der Probe	Datum der Behandlung	Temperatur am Tage der Behandlung	Durchschnittstemperatur im Monatsdezennium	Zahl der at	Zahl der Stunden	Resultat
8	26. VIII.	20,2	20,3	12	9	Larven tot
9	28. VIII.	19,6	20,3	12	9	Larven tot
11	1. IX.	19,8	20,1	12	9	Larven tot
12	4. IX.	18,3	erste 10 Tage 20,1 zweite 10 Tage 16,0	12	9	Larven tot
26	21. IX.	15,5	dritte 10 Tage 12,7	12	10	Larven tot
30	27. IX.	10,1	12,7	12	14	Larven lebend
33	2. X.	11,8	9,2	12	15	Larven lebend
35	3. X.	10,8	9,2	12	$14^1/_2$	Larven lebend
17	11. IX.	17,2	erste 10 Tage 20,1 zweite 10 Tage 16,0	10	14	Larven tot
29	26. IX.	12,5	12,7	10	14	Larven lebend

Tabelle 7. Durchschnittstemperatur:

Tag	August	September	Oktober	November
1.	17,2	19,8	11,4	2,8
2.	16,4	21,1	11,8	4,9
3.	15,2	20,8	10,8	5,6
4.	16,4	18,3	8,7	7,5
5.	17,1	19,1	8,8	9,1
6.	16,6	18,8	11,7	10,2
7.	17,4	20,4	8,8	9,5
8.	16,3	21,8	6,6	12,4
9.	17,1	21,1	7,1	11,8
10.	18,6	19,4	6,6	10,0
11.	16,5	17,2	10,8	7,9
12.	16,4	16,1	10,5	10,0
13.	16,5	15,7	11,4	9,7
14.	16,3	14,7	11,7	9,8
15.	16,5	15,1	11,4	10,0
16.	16,9	16,7	10,9	7,9
17.	18,2	15,8	8,7	9,3
18.	20,5	16,7	8,5	10,5
19.	22,1	16,1	8,4	9,1
20.	22,8	15,4	8,5	7,8
21.	22,2	15,5	7,8	
22.	19,3	14,7	6,1	
23.	18,8	14,9	8,2	
24.	20,7	13,5	9,1	
25.	23,1	11,8	5,8	
26.	20,2	12,5	4,6	
27.	19,9	10,1	5,1	
28.	19,6	9,7	5,6	
29.	19,4	12,4	5,2	
30.	19,4	11,8	4,6	
31.	20,1		5,1	

Vom 26. August bis zum 4. September wurden die Larven bei einer 9stündigen Behandlung unter 12 at Druck stets getötet.

Am 21. September sind sie auch noch bei einer 10stündigen Behandlung unter 12 at Druck getötet worden; aber am 27. September (also noch keine Woche später) lebten die Larven noch nach 14stündiger Behandlung. Im Durchschnitt genommen kann aber doch ihre Entwicklung in dieser kurzen Zeit nicht derartige Fortschritte gemacht haben, daß die Larven infolge ihrer stärkeren Struktur und ihrer größeren Widerstandsfähigkeit nun auf einmal, um sie zu töten, einer intensiveren Behandlung unterworfen werden müssen.

Tabelle 8. Durchschnittstemperatur:

August		September	
1.—10.	16,8	1.—10.	20,1
11.—20.	18,3	11.—20.	16,0
21.—Ultimo	20,3	21.—Ultimo	12,7
im August	18,5	im September	16,2

Oktober		November	
1.—10.	9,2	1.—10.	8,4
11.—20.	10,1	11.—10.	9,2
21.—Ultimo	6,1		
im Oktober	8,4		

Sollte die Temperatur hierbei eine Rolle spielen? Diese war bis zum 21. September nie unter 15,4° gewesen. Am 27. September betrug sie 10,1°, also bedeutend weniger. In der Zwischenzeit war sie also fast täglich 1° gefallen. Wenn man die Übersichten der Versuche 17 und 29 miteinander vergleicht, findet man einen ähnlichen Kontrast. Man könnte also vielleicht die Schlußfolgerung ziehen, daß die Temperatur als Faktor hier eine Rolle gespielt hat, deren Größe aber erst noch durch weitere Versuche bewiesen werden muß.

3. Wird die Zwiebel durch die Behandlung beschädigt?

Bei den ersten Versuchen (1938) wurde fast ausschließlich darauf geachtet, ob die Made durch die Behandlung getötet wurde oder nicht. Dazu mußten die Zwiebeln natürlich aufgeschnitten werden, was kürzere oder längere Zeit nach der Behandlung geschah. Es wurden also keine Zwiebeln gepflanzt. Selbstverständlich stellte sich bereits beim Aufschneiden der Zwiebeln heraus, wie es mit der neuen Knospe bestellt war.

Im Jahre 1939 konnte man sich für das Auspflanzen einer größeren Anzahl Zwiebeln und für ihre weitere Versorgung nach der Behandlung noch genügend Zeit nehmen. Schon nach den ersten Behandlungen (im August 1939) wurden von jeder Partie 6 Zwiebeln aufbewahrt, also nicht aufgeschnitten, und Anfang September in Amsterdam gepflanzt. Diese waren alle von Larven angetastet. Das Pflanzen derselben erfolgte anfänglich nur, um bei Beginn des Frühjahrs 1940 feststellen zu können, ob noch Larven lebten.

Im Herbst 1939 wurde ich jedoch bereits wiederholt dringend um Mitteilung gebeten, wie sich diese Pflanzen verhielten. Obschon ich mir vorgenommen hatte, diese Versuche erst im folgenden Jahre vorzunehmen, ließ ich mich dazu bewegen, bereits einige Versuche zu unternehmen, welche die Anfragen über den Zustand der behandelten Pflanzen während ihres weiteren Wuchses und ihrer Blüte, sowie über das Treiben derselben beantworten sollten. Siehe hierzu die bereits über die Versuche Nr. 39, 40 und 41 gemachten Mitteilungen.

Nach den betreffenden 49 Versuchen, welche hauptsächlich das Töten der Larve betroffen haben, wurden noch eine Reihe anderer Versuche unter-

Tabelle 9

Nr. der Probe	Varietät	Datum der Behandlung	Gasmischung	Zahl der at	Zahl der Stunden
50	Romaine Blanche und Muscari	24. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24
51	Gloriosa und Laurens Koster	24. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24
52	Paperwhite	24. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24
53	Early Giant	30. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24
54	Duc van Tol	24. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24
55	Bicolor Victoria	27. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24
56	Bicolor Victoria	30. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24
57	Bicolor Victoria	31. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24
58	Medusa	1. XI.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24
59	Medusa	2. XI.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24
60	Medusa	6. XI.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24
61	Croesus	7. XI.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24
62	Croesus	9. XI.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24
63	Croesus	13. XI.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24
64	Emperor	13. XI.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24
65	Sir Watkin	15. XI.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24
66	Sir Watkin	16. XI.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24
67	Sir Watkin	17. XI.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24
68	King Alfred (Larve)	20. XI.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24
69	King Alfred (Larve)	21. XI.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24
70	King Alfred (Larve)	22. XI.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24

nommen, und zwar ausschließlich zur Kontrolle des Wachstums und der Blüte. Dieselben erfolgten in der Zeit vom 25. Oktober bis zum 22. November 1939. Tabelle 9 gibt hierüber eine Übersicht, wobei sich Nr. 50 ausnahmsweise auf die (sehr früh blühende) Hyazinthenvarietät Romaine Blanche und auf eine Muscari-Varietät bezieht, und Nr. 54 auf die (ebenfalls sehr früh blühende) Tulpenvarietät Duc van Tol.

Für die anderen Nummern (51—67) wurden Narzissenzwiebeln verwendet, die nicht von der Larve angetastet waren. Bei Nr. 68—70 war dies aber doch der Fall.

Einige von diesen Zwiebeln wurden kurze Zeit nach der Behandlung aufgeschnitten und mit unbehandelten Zwiebeln derselben Varietät verglichen, um eventuell auftretende Abweichungen des normalen Wachstums bereits frühzeitig feststellen zu können. Das Material hierzu wurde willkürlich von 5 Proben genommen. Nachstehend die Resultate dieser Untersuchungen.

Tabelle 10

Nr. 55	Bicolor Victoria (behandelt)	Bicolor Victoria (unbehandelt)
sofort nach dem Aufschneiden	Zwiebel im Querschnitt rein-weiß	Zwiebel im Querschnitt rein-weiß
einige Minuten später	die von den Zwiebelschuppen ausgeschiedene Flüssigkeit wird braun (Gerbsäure)	die von den Zwiebelschuppen ausgeschiedene Flüssigkeit ist braun; die Menge — vor allem um die Knospe herum — ist etwas größer als bei der behandelten Zwiebel
Zwiebelhälften auf Alkohol	Zwiebelboden nach einem Tag etwas braun	Zwiebelboden etwas weniger braun als bei der behandelten Zwiebel
	die Wurzeln sind schon im Zwiebelboden sichtbar	die Wurzeln sind ebensoweit wie diejenigen der behandelten Zwiebel
Nr. 62 und 63	Croesus (behandelt)	Croesus (unbehandelt)
	Von den drei Zwiebeln, die von jeder Nummer aufgeschnitten wurden, hatte eine Zwiebel im Zwiebelboden einen dunkelgefärbten Kranz	eine der 3 aufgeschnittenen Zwiebeln war am Zwiebelboden nicht rein-weiß (Fig. 3)
Nr. 65 und 66	Sir Watkin (behandelt)	Sir Watkin (unbehandelt)
	ein etwas braungefärbter Kranz im Zwiebelboden	eine der 2 unbehandelten Zwiebeln war an dem gefärbten Kranz im Zwiebelboden etwas braun, und zwar etwas brauner als bei den behandelten Zwiebeln; die zweite Zwiebel war ganz weiß

Die braune Färbung war bei den vorstehenden Sorten in dem einen Falle bei den behandelten Zwiebeln stärker, im anderen Falle aber wieder bei den unbehandelten (Fig. 4). Es ist natürlich sehr gut möglich, daß einige Sorten durch die Behandlung Nachteile empfunden haben, was aber noch nicht festgestellt wurde. Ob praktisch Nachteile an diese Behandlung verbunden sind, wird sich erst dann herausstellen können, wenn die Zwiebeln behandelt und gepflanzt worden sind, und dann keine gute Wurzel- oder Blumenbildung ergeben. Einen Beweis dafür, daß die Wurzelbildung sehr gut sein kann, lieferten uns bereits die im August behandelten und im September gepflanzten Zwiebeln; siehe oben. Dieselben sind am 31. Oktober kontrolliert worden, wobei festgestellt wurde, daß die Wurzelbildung sehr gut war.

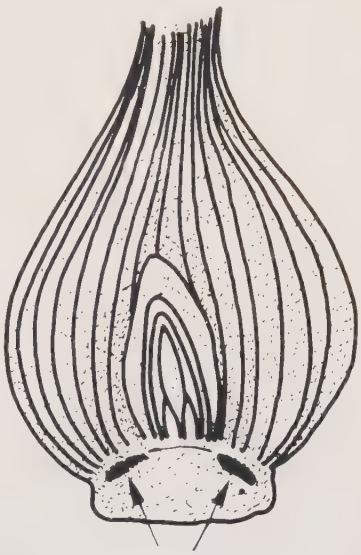

Fig. 4. Halbe Zwiebel von Croesus, unbehandelt, Zeichnung der Schnittfläche; die kleinen Pfeile weisen auf die braunen Flecken im Zwiebelboden

Am 24. Oktober wurde Narcissus Tazetta (Bouquetnarzisse) Varietät Paperwhite behandelt. Die Zwiebeln hatten bereits kleine Sprossen. Am 26. Oktober wurden 2 Zwiebeln auf Glas gesetzt; 2 Monate später hatten sie bereits sehr gut gewurzelt. Der Sproß der Zwiebeln, welcher vor der Behandlung schon sichtbar war, hatte nach der Behandlung eine blaßgrüne Farbe bekommen. Das Chlorophyl war zum größten Teil daraus verschwunden. Diese Veränderung ist möglicherweise der Behandlung zuzuschreiben, doch werden in dieser Jahreszeit in der Praxis niemals Zwiebeln behandelt, so daß also dann auch kein Sprossen entstehen können.

Mit der Varietät Paperwhite wurde zu gleicher Zeit auch Gloriosa behandelt. Auch hier konnten in bezug auf das Verfärben der Sprosse dieselben Beobachtungen gemacht werden. Die behandelten Gloriosa-Zwiebeln hatten noch nicht gewurzelt, was bei einer der beiden unbehandelten Zwiebeln aber wohl der Fall war.

Ferner wurden noch bei den Varietäten: Emperor, Gloriosa und Laurens Koster Beschädigungen (schlechte Wurzelung, Fäulnisprozeß am Zwiebelboden) festgestellt.

Es muß aber ausdrücklich darauf hingewiesen werden:

1. daß die Behandlung erst spät im Jahre erfolgte, und die Zwiebeln daher schon stark entwickelt waren;
2. daß infolge der späten Behandlung auch die Dauer derselben verlängert werden mußte. Die Zwiebeln wurden also länger behandelt als dies normal der Fall gewesen wäre;
3. daß die Zwiebeln infolge Raummangel an einer Stelle aufbewahrt werden mußten, welche als Aufbewahrungsort nicht zu empfehlen war;
4. daß diese Versuche von Anfang an vor allen Dingen unternommen worden sind, um die Larve zu töten. Den Zwiebeln selbst wurde da-

mals nur wenig Aufmerksamkeit geschenkt; dies sollte erst geschehen, wenn die das Töten der Larve betreffenden Versuche gelungen waren;

5. daß demnach die Versuche, welche sich auf die Schädigung oder Nichtschädigung des Wachstums, der Blüte und des Treibens bezogen, nicht nur zu spät unternommen wurden, — wodurch eine längere Behandlung erforderlich war —, sondern daß die Zwiebeln außerdem viel zu spät gepflanzt worden sind.

Nach den vorstehenden Proben sind schließlich noch 4 Versuche unternommen worden, welche sich von den anderen darin unterschieden, daß 80 % Luft statt 80 % Sauerstoff verabreicht wurde.

Tabelle 11

Nr. der Probe	Varietät	Datum der Behandlung	Gasmischung	Zahl der at	Zahl der Stunden
71	Tresserve	6. XII.	20% CO_2 + 80% Luft	12	24
72	King Alfred	7. XII.	20% CO_2 + 80% Luft	12	24
73	King Alfred	18. XII.	20% CO_2 + 80% Luft	12	24
74	Gefüllte Ornatus	19. XII.	20% CO_2 + 80% Luft	12	24

Ergebnis: Nr. 71: 12 kleine Larven lebend, 6 kleine Larven tot; 12 große Larven tot, 2 große Larven lebend.
Nr. 72: alle Larven lebend, 16 große und 53 kleine.
Nr. 73: Larven lebend.
Nr. 74: Larven lebend.

Wie bereits mitgeteilt wurde, sind jedesmal einige von den anfänglich für verschiedene Versuche gebrauchten Zwiebeln in Amsterdam in Töpfe gepflanzt worden, meistens 6 Stück von jedem Versuch. Dies geschah mit Nr. 1: Emperor, Nr. 2: Bonfire, Nr. 4: Helios, Nr. 5: Helios, Nr. 7: King Alfred, Nr. 8: Helios und Nr. 9: King Alfred. Hierbei muß noch einmal darauf hingewiesen werden, daß diese Zwiebeln alle von der Narzissenfliege angetastet waren.

Von Probe Nr. 3 wurden keine Zwiebeln gepflanzt, da dieselben keine Larven enthielten. Anfänglich bestand ja nur die Absicht, ausschließlich behandelte Zwiebeln zu pflanzen, in denen die Larven bereits getötet waren. Auch von Probe Nr. 6 sind keine Zwiebeln gepflanzt worden, da noch lebende Larven darin angetroffen wurden.

Nunmehr wurde beschlossen, auch die Treibfähigkeit dieser Zwiebeln zu kontrollieren. Diejenigen, welche in Amsterdam erst in Töpfe gepflanzt worden waren (siehe oben), wurden jetzt zum Treiben nach Heilo gesandt.

Außerdem wurde eine größere Anzahl Zwiebeln nach anderen Orten gesandt und dort gepflanzt, ohne daß dieselben erst in Amsterdam gepflanzt wurden. Siehe hierzu Tabelle 12, welche eine Übersicht von allerlei Versuchen gibt. In der 7. Kolonne steht ein „S.“, wenn die Zwiebeln durch Herrn VAN STIJGEREN versandt und in Heilo oder in Wageningen gepflanzt wurden. Ein „L.“ bedeutet, daß sie durch Herrn LIMBURG expediert und in Lisse, in Sassenheim oder in Wassenaar gepflanzt wurden.

Tabelle 12

Nr. der Probe	Varietät	Besonderheiten über die Zwiebel	Datum der Empfangsnahme	Datum der Behandlung	Datum des Versandes	Versandt durch:
1	Emperor	Made	16. VIII.	18. VIII.	13. X.	S.
2	Bonfire	Made	16. VIII.	21. VIII.	13. X.	S.
3	Tresserve	Made	16. VIII.	17. VIII.	13. X.	S.
4	Helios	Made	19. VIII.	22. VIII.	13. X.	S.
5	Helios	Made	19. VIII.	23. VIII.	13. X.	S.
6	Helios	Made	19. VIII.	24. VIII.	13. X.	S.
7	King Alfred	Made	19. VIII.	25. VIII.	13. X.	S.
8	Helios	Made	19. VIII.	26. VIII.	13. X.	S.
9	King Alfred	Made	19. VIII.	28. VIII.	13. X.	S.
10	King Alfred	Made	19. VIII.	30. VIII.	13. X.	S.
11	Bicolor Victoria	Made	19. VIII.	1. IX.	13. X.	S.
12	Orange Glory	Made	19. VIII.	4. IX.	13. X.	S.
13	Twink	Made	19. VIII.	5. IX.	13. X.	S.
14	Twink	Made	19. VIII.	8. IX.	13. X.	S.
15	Twink	Made	19. VIII.	7. IX.	13. X.	S.
16	Twink	Made	19. VIII.	6. IX.	13. X.	S.
17	Spring Glory	Made	19. VIII.	11. IX.	13. X.	S.
18	Spring Glory	Made	19. VIII.	9. IX.	13. X.	S.
19	King Alfred	Made	19. VIII.	12. IX.	13. X.	S.
20	King Alfred	Made	19. VIII.	14. IX.	13. X.	S.
21	Laurens Koster	Made	13. IX.	15. IX.	13. X.	S.
22	Laurens Koster	Made	13. IX.	16. IX.	13. X.	S.
23	Orange Cup	Made	13. IX.	18. IX.	13. X.	S.
24	Orange Cup	Made	13. IX.	19. IX.	13. X.	S.
25	Orange Cup	Made	13. IX.	20. X.	13. X.	S.
26	Orange Cup	Made	13. IX.	21. X.	13. X.	S.
27	Cheerfulness	Made	13. IX.	22. IX.	13. X.	S.
28	Cheerfulness	Made	13. IX.	25. IX.	13. X.	S.
29	Orange Cup	Made	13. IX.	26. IX.	13. X.	S.
30	Orange Cup	Made	13. IX.	27. IX.	13. X.	S.
31	Cheerfulness	Made	13. IX.	—	—	—
32	Early Orange	Made	13. IX.	—	—	—
33	Early Orange	Made	13. IX.	2. X.	13. X.	S.
34	Cheerfulness	Made	13. IX.	—	—	—
35	Princeps	Made	3. X.	3. X.	13. X.	S.
36	Princeps	Made	3. X.	6. X.	10. X.	S.
37	Princeps	Made	3. X.	9. X.	10. X.	S.
38	Princeps	Made	3. X.	—	10. X.	S.
39	King Alfred	gekühlt	10. X.	11. X.	16. X.	L. u. S.
40	King Alfred	keine Made	10. X.	12. X.	16. X.	L. u. S.
41	King Alfred	Made	10. X.	13. X.	19. X.	L. u. S.
42	King Alfred	Made	10. X.	16. X.	19. X.	L. u. S.
43	King Alfred	Made	10. X.	17. X.	19. X.	L. u. S.
44	King Alfred	keine Made	10. X.	18. X.	23. X.	L. u. S.
45	Christmas Glory	Made	16. X.	19. X.	23. X.	L. u. S.
46	Golden Spur	Made	19. X.	20. X.	25. X.	L. u. S.
47	Golden Spur	Made	19. X.	23. X.	25. X.	L. u. S.
48	Sir Watkin	keine Made	19. X.	24. X.	27. X.	L. u. S.
49	Helios	Made	19. VIII.	25. X.	1. XI.	S.
50	Romaine Blanche und Muscari	gesund	23. X.	25. X.	1. XI.	S.
51	Gloriosa	keine Made	23. X.	25. X.	1. XI.	S.
52	Paperwhite	keine Made	23. X.	25. X.	1. XI.	S.
53	Early Giant	keine Made	23. X.	25. X.	1. XI.	S.
54	Duc van Tol	keine Made	23. X.	25. X.	1. XI.	S.
55	Bicolor Victoria	keine Made	25. X.	27. X.	4. XI.	L.
	dito	keine Made	25. X.	27. X.	6. XI.	S.

Fortsetzung der Tabelle 12 nächste Seite!

Fortsetzung von voriger Seite

Nr. der Probe	Varietät	Besonderheiten über die Zwiebel	Datum der Empfangsnahme	Datum der Behandlung	Datum des Versandes	Versandt durch:
56	Bicolor Victoria	keine Made	25. X.	30. X.	4. XI.	L.
	dito	keine Made	25. X.	30. X.	6. XI.	S.
57	Bicolor Victoria	keine Made	25. X.	31. X.	4. XI.	L.
	dito	keine Made	25. X.	31. X.	6. XI.	S.
58	Medusa	keine Made	30. X.	1. XI.	4. XI.	L.
	dito	keine Made	30. X.	1. XI.	6. XI.	S.
59	Medusa	keine Made	30. X.	2. XI.	4. XI.	L.
	dito	keine Made	30. X.	2. XI.	6. XI.	S.
60	Medusa	keine Made	30. X.	6. XI.	11. XI.	L.
61	Croesus	keine Made	30. X.	7. XI.	11. XI.	L.
62	Croesus	keine Made	30. X.	9. XI.	30. XI.	L.
63	Croesus	keine Made	30. X.	13. XI.	30. XI.	L.
64	Emperor	keine Made	26. X.	13. XI.	30. XI.	L.
65	Sir Watkin	keine Made	19. X.	15. XI.	30. XI.	L.
66	Sir Watkin	keine Made	19. X.	16. XI.	30. XI.	L.
67	Sir Watkin	keine Made	19. X.	17. XI.	30. XI.	L.
68	King Alfred	Made	3. XI.	20. XI.	30. XI.	L.
69	King Alfred	Made	3. XI.	21. XI.	30. XI.	L.
70	King Alfred	Made	3. XI.	22. XI.	30. XI.	L.
71	Tresserve	Made	3. XI.	8. XII.	—	—
72	King Alfred	Made	3. XI.	9. XII.	—	—
73	King Alfred	Made	3. XI.	18. XII.	—	—
74	Gefüllte Ornatus	Made	3. XI.	20. XII.	—	—

Soweit dies möglich war, wurden zur Kontrolle auch unbehandelte Zwiebeln mitgenommen, und zwar von den Varietäten Bicolor Victoria, Bonfire, Cheerfulness, Early Orange, Helios, King Alfred, Orange Glory, Spring Glory, Tresserve und Twink; ferner von der Hyazinthe Romaine Blanche, von einer Muscari-Varietät und von der Tulpe Duc van Tol.

Über die Heilo gepflanzten Zwiebeln kann folgendes berichtet werden. Die behandelten Zwiebeln von Gloriosa (Nr. 51) hatten am 20. November 1939 grauschwarze Flecken am Boden, die unbehandelten aber nicht. Schon in der dritten Woche nach dem Eingruben (die Töpfe wurden in eine Grube gestellt und Erde darüber geschüttet; 28. Okt. — 2. Nov.) stellte sich heraus, daß Gloriosa und Paperwhite k e i n e W u r z e l n gebildet hatten. Die Zwiebeln der Hyazinthe, der Muscari und der Tulpe hatten dies w o h l getan. Was das Blühen angeht, so hatte die behandelte Gloriosa am 9. Januar 1940 ein schlechtes Resultat ergeben. Dagegen blühte die unbehandelte Gloriosa gut. Von King Alfred (Nr. 40) war die Wurzelbildung schlecht. Golden Spur (Nr. 46 u. 47) hatte ebenfalls nicht gut gewurzelt; sie blühte nicht, denn die Blume war in der Zwiebel vertrocknet. Bei Sir Watkin (Nr. 48), Bicolor Victoria (Nr. 55, 56, 57) und Medusa (Nr. 58, 59, 60) hatte sich das Chlorophyl in den Blättern nicht immer genügend entwickelt. Dagegen waren die unbehandelten Pflanzen stets normal zur Entwicklung gekommen. Am 29. Januar konnte wohl mit Bestimmtheit behauptet werden, daß die Treibversuche mit den im Oktober und noch später behandelten Zwiebeln (die oben erwähnten Zwiebeln wurden zwischen dem 25. Oktober und 6. November behandelt) mißlungen waren.

Ganz anders verhielt es sich mit den zwischen dem 21. und 25. August behandelten Zwiebeln. Am 1. Dezember zeigte sich bereits, daß Helios und King Alfred gut gewachsen waren. Am 31. Januar 1940 wurde festgestellt, daß Emperor, Bonfire, Tresserve, Helios und King Alfred eine Anzahl sehr guter Pflanzen zur Entwicklung gebracht hatten. Es war jedoch nicht so, daß dieselben alle gut waren, wobei jedoch berücksichtigt werden muß, daß die Zwiebeln von der Larve angetastet waren und sich in sehr schlechtem Zustande befunden hatten.

Am 31. Januar hatte sich Sir Watkin (Nr. 48) ebenfalls gut entwickelt. Von Helios (Nr. 49) kann dasselbe gesagt werden; nur waren die Blätter der unbehandelten Pflanzen etwas grüner.

Die behandelte Hyazinthe Romaine Blanche und die behandelte Muscari-Varietät (beide Nr. 50) blühten ebensogut wie die unbehandelten Pflanzen. Die Zwiebeln der behandelten Tulpe Duc van Tol kamen unregelmäßig und schlecht auf; einige davon lieferten keine Blume. Die unbehandelten blühten dagegen sehr gut.

Daß sich die getriebenen Pflanzen oft normal entwickelt haben, geht aus den 3 Figuren hervor (2 von Helios und 1 von King Alfred, fotografiert am 6. Februar 1940), die in „Herba Topiaria", Nr. 11, November 1940, vorkommen, wo wir jedesmal 2 behandelte blühende Pflanzen nebeneinander abgebildet sehen. Diese wurden auf die Blumenzwiebelausstellung in Beverwijk gesandt, welche vom 8—12. Februar stattfinden sollte. Dieselbe mußte aber wegen der strengen Kälte um eine Woche verschoben werden, so daß die Pflanzen erst vom 15.—19. Februar besichtigt werden konnten. Am 1. Februar standen sie bereits prachtvoll in der Blüte. In dem strengen Winter 1939—1940 kostete es viel Mühe und Sorgfalt, die Zwiebeln soweit zu bekommen. Wenn man die Temperatur morgens früh um 5 Uhr kontrollierte, dann betrug dieselbe 4° oder 5° C. Wenn dann stark geheizt wurde, stieg sie in einigen Stunden auf 12° oder 13° C. Daß King Alfred, welche eine der wichtigsten Varietäten beim Export nach England, Amerika und Kanada ist, nach der Behandlung im August jetzt noch auf diese Weise forciert werden konnte, stimmt sehr hoffnungsvoll.

In Wageningen hatte man festgestellt, daß die Larven nach der Behandlung stets getötet waren. Die Zwiebeln hatten aber oft zu leiden gehabt. So wurde z. B. bei Laurens Koster (Nr. 21) ein schwarzgrau verfärbter Zwiebelboden angetroffen. Die Anlage der Blume war mitunter beschädigt. Dagegen waren die jungen Nebenzwiebelchen meist unbeschädigt. Die eine Varietät hatte durch die Behandlung weniger gelitten als die andere. Sowohl unter den getriebenen als auch unter den im Freien gepflanzten Zwiebeln befanden sich eine Anzahl, welche nicht aufkamen. Dieses Aufkommen war verschieden, was sich aber meistens besserte. Der größte Teil der über den Boden gekommenen Zwiebeln blühte auch. Man hatte nur Zwiebeln empfangen, die erst spät behandelt worden waren, und daher wurden sie auch spät ausgepflanzt. Ihre Blüte kann daher im Zusammenhang mit dem strengen Winter weniger gut gewesen sein. Dabei muß aber noch berücksichtigt werden, daß viele dieser Zwiebeln von schlechter Beschaffenheit waren.

Von King Alfred (Nr. 40) waren verschiedene Zwiebeln bereits früh durchgeschnitten worden, wobei man meinte, eine Beschädigung am Boden

und an den Wurzeln bemerkt zu haben. Von diesen halbierten Zwiebeln wurden 5 Stück wieder in Heilo gepflanzt. Diese bildeten ihre Wurzeln in normaler Weise.

In Lisse wurden sowohl getriebene als auch im Freien gepflanzte Zwiebeln der Varietäten Bicolor Victoria, Christmas Glory, Croesus, Golden Spur, King Alfred und Medusa kontrolliert. Man kam zu der Schlußfolgerung, daß die (späte) Behandlung einen schlechten Einfluß auf die Blüte gehabt hat.

In Sassenheim wurden Zwiebeln von King Alfred (Nr. 39) gepflanzt, die vorher gekühlt waren, und von Sir Watkin (Nr. 48). Von diesen Zwiebeln lieferte fast keine eine Blume.

Auf die in Wageningen, Lisse und Sassenheim vorgenommenen Kontrollversuche hoffe ich bei Gelegenheit noch zurückkommen zu können.

Von Sir Watkin (wahrscheinlich von Nr. 65, 66 u. 67) wurden in Wassenaar sowohl behandelte als auch unbehandelte Zwiebeln gepflanzt. Auch hier waren die Zwiebeln erst Anfang November eingetroffen und konnten demzufolge auch erst spät gepflanzt werden. Eigentlich war es bereits zu spät, um noch ordentliche Treibversuche mit ihnen vornehmen zu können. Diese Zwiebeln wurden — in Kistchen gepflanzt — bis Anfang März eingegraben, womit dem späten Pflanzen Rechnung getragen wurde. Die behandelten Zwiebeln blühten 2 Tage eher als die unbehandelten. Die Pflanzen waren an den Blätterspitzen etwas beschädigt. Die Blumen waren nicht beschädigt, aber etwas kleiner als diejenigen der unbehandelten Pflanzen. Die Zwiebeln, welche noch später eingetroffen waren und dann draußen im Freien gepflanzt wurden, weil man annahm, daß sie beim Treiben keine guten Resultate ergeben würden, blühten und wuchsen normal.

Aus dem, was wir bei den behandelten Zwiebeln gesehen haben (und zwar sowohl bei den getriebenen als auch bei den im Freien gepflanzten), kann — mit etwas gutem Willen — die Schlußfolgerung gezogen werden, daß es in jeder Hinsicht gerechtfertigt ist, diese Versuche fortzusetzen. Es empfiehlt sich aber, nur Zwiebeln von guter Beschaffenheit hierzu zu nehmen und dieselben nicht zu spät zu behandeln.

4. Versuche 1940—1941

In erster Linie wurden Zwiebeln der Varietät King Alfred behandelt, die alle zu der gleichen Partie gehörten und von der Firma Van 't Hof & Blokker stammten. Im vorhergehenden Jahre waren die Zwiebeln auf's Geratewohl zusammengerafft worden. Zum größten Teil wurden sie damals wegen der starken Antastung durch die Made für untauglich erklärt.

In diesem Jahre sollte nun festgestellt werden, wie sich die Zwiebeln nach einer sehr frühen Behandlung verhalten würden. Hierzu wurde ein Teil der Zwiebeln bereits in der ersten Hälfte Juli ausgegraben und am 14. Juli von Limmen nach Amsterdam gesandt. Es waren Zwiebeln, die nicht von der Made angetastet waren. Mit denselben wurden 3 Versuche vorgenommen.

Danach wurden diese Versuche (im September und Oktober) mit Zwiebeln derselben Partie King Alfred fortgesetzt. Hierzu wurden Zwiebeln genommen, welche von der Made angetastet waren und 7 Versuche

Tabelle 13

Nr. der Probe	Varietät	Datum der Behandlung	Gasmischung	Zahl der at	Zahl der Stunden	Resultat
1	King Alfred	16. VII.	20% CO_2 + 80% O_2	12	10	Die Zwiebeln haben viel zu leiden gehabt; die Behandlung dürfte zu früh im Jahre erfolgt sein; die Zwiebeln waren noch nicht ganz trocken; aus Limmen eingetroffen am 15. VII., zurückgesandt am 19. VII.
2	King Alfred	17. VII.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24	wie Nr. 1
3	King Alfred	18. VII.	80% CO_2 + 20% O_2	12	10	wie Nr. 1
4	King Alfred	12. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	12	9	ein Teil der Larven war getötet
5	King Alfred	13. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	12	15	die Zwiebeln sahen im Querschnitt ganz weiß aus; die Larven waren fast alle tot; trotz sorgfältiger Pflege überlebten die noch am Leben gebliebenen Larven die Behandlung nur kurze Zeit; nach der zweiten Behandlung zeigten die Zwiebeln einen schwarzen Kranz am Zwiebelboden; von den 12 Larven, welche vorgefunden wurden, waren 10 total zusammengeschrumpft; diese waren nach der ersten Behandlung bestimmt schon tot; die beiden anderen waren noch nicht zusammengeschrumpft, aber auch tot; vorerwärmt 22°
			20% CO_2 + 80% O_2	11½	13	
6	King Alfred	14. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24	Larven tot
7	King Alfred	17. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	12	14	einige Larven lebten; Temperatur 20—21°
8	King Alfred	22. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	12	15	Temperatur 20°; vorerwärmt 8 Tage 22°; keine Larven
9	King Alfred	10. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	15	von den 10 Larven lebten 2; Temperatur 20°; vorerwärmt 13 Tage 22°
10	King Alfred	11. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	15	einige Larven lebten wahrscheinlich noch; Temperatur 20°; vorerwärmt 4 Tage 22°

Tabelle 14

Nr. der Probe	Varietät	Datum der Behandlung	Gasmischung	Zahl der at	Zahl der Stunden	Resultat
1	Barii Seagull	27. VIII.	20% CO_2 + 80% O_2	12	15	Die Zwiebeln sahen schön und gesund aus; Knospe und Wurzelkranz waren in guter Kondition
2	Barii Seagull	28. VIII.	20% CO_2 + 80% O_2	12	15	wie Nr. 1
3	Barii Seagull	29. VIII.	20% CO_2 + 80% O_2	12	15	wie Nr. 1
4	Barii Seagull	30. VIII.	20% CO_2 + 80% O_2	12	15	wie Nr. 1
5	Orange Phoenix	31. VIII.	20% CO_2 + 80% O_2	12	15	die Knospen waren einige Zeit nach der Behandlung vertrocknet
6	Orange Phoenix	2. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	12	15	wie Nr. 5
7	Orange Phoenix	3. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	12	15	wie Nr. 5
8	Primrose Phoenix	9. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24	Larven tot
9	Primrose Phoenix	10. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	12	8	ein Teil der Larven lebte
10	Primrose Phoenix	11. IX.	20% CO_2 + 80% O_2	12	15	Larven tot
11	American Beauty	4. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	10	einige Larven lebten
12	American Beauty	5. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	15	die Zwiebeln fühlten sich weich an, sahen aber übrigens normal aus; 5 Larven gefunden, wovon 3 zweifellos tot waren; die anderen 2 erweckten erst einen Moment Zweifel, erwiesen sich aber später auch als tot
13	American Beauty	8. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	25	von den 9 Larven waren 4 bestimmt tot; schließlich wurde dies bei den 5 anderen auch konstatiert
14	King Alfred	28. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24	diese Partie wurde 10 Tage lang 22° vorerwärmt; während der Behandlung war die Temperatur durchschnittlich 18°; die Zwiebeln sahen vollkommen gesund aus, auch die Knospen waren gut; es stellte sich heraus, daß eine Larve lebte
15	King Alfred	13. XI.	20% CO_2 + 80% O_2	12	48	Zwiebeln und Knospen sahen gut aus; 20 Larven gefunden; alle waren tot

Fortsetzung der Tabelle 14

Nr. der Probe	Varietät	Datum der Behandlung	Gasmischung	Zahl der at	Zahl der Stunden	Resultat
16	King Alfred	18. XI.	20% CO_2 + 80% O_2	12	48	Knospen gut, Larven tot; Temperatur ca. 14°
17	Canadian Beauty	29. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24	Larven tot; 11 Tage vorerwärmt 22°
18	Canadian Beauty	31. X.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24	nicht viele Larven; nur 4 gefunden, welche tot waren; 12 Tage vorerwärmt 22°
19	Canadian Beauty	4. XI.	20% CO_2 + 80% O_2	12	24	nur 4 Larven gefunden, die tot waren; 14 Tage vorerwärmt 22°, dann 2 Tage 14°
20	L'Innocence	6. XI.	Zuerst 20% CO_2 verabreicht, 1 Stunde gewartet und dann 80% O_2 hinzugefügt	12	24	10 Larven, wovon 8 wahrscheinlich lebten
21	L'Innocence	8. XI.		12	24	12 Larven, wovon 3 lebten, 3 waren bestimmt tot.

damit gemacht. An der Gasmischung wurde nichts geändert. Die Zahl der at blieb 12, bis auf die kleine Ausnahme bei Probe Nr. 5, wobei die Zwiebeln zweimal behandelt wurden; das zweite Mal unter einem Druck von 11½ at.

Die Zahl der Stunden wurde verschiedene Male geändert. Vom 17. September ab sind die Zwiebeln vor der Behandlung einigermaßen erwärmt worden, im Oktober sogar 4 Tage lang oder noch länger. Für die Versuche am 12., 13. und 14. September waren die Zwiebeln noch nicht erwärmt worden. Siehe Tabelle 13.

Wie sich deutlich herausstellte, hat die Behandlung im Juli nicht befriedigt. Die Zwiebeln waren nach dem Ausgraben sofort versandt und nicht erst getrocknet worden. Wie wir sehen, ist es sicherheitshalber am besten, wenn die Behandlung 24 Stunden lang fortgesetz wird, — oder jedenfalls länger als 15 Stunden —, auch wenn die Temperatur erhöht wird.

An zweiter Stelle wurden ab Ende August bis in den November hinein Versuche mit verschiedenen Varietäten unternommen, worunter sich auch wieder King Alfred (3 Versuche) befand. Die Gasmischung (nur bei Nr. 20 u. 21 war sie anders) und die Zahl der at blieb stets dieselbe. Die Stundenzahl wurde aber jedesmal geändert. Auf diese Weise sind 21 Versuche durchgeführt worden; siehe Tabelle 14, worin die gleichen Varietäten stets untereinander angegeben sind.

Im September und in der ersten Hälfte Oktober dürfte eine 15stündige Behandlung bei einem Druck von 15 at wohl genügen. Ende Oktober genügt eine Behandlungsdauer von 24 Stunden, jedoch nicht mehr immer; siehe Nr. 14, wo gesagt ist, daß eine der Larven lebte. Man sieht

dies am Herzen (oder „Rückengefäß") der Larve, welches mit seinem Inhalt stets in Bewegung ist. Wie immer wurden die Larven nach der Behandlung in eine feuchte, erwärmte Umgebung gebracht, und nach einiger Zeit war die oben erwähnte Larve wieder „ganz zu sich gekommen". Mit einer anderen Larve war dies auch der Fall. Aus Probe Nr. 14 ging hervor, daß die Erwärmung nicht mehr helfen konnte, um alle Larven zu töten. Bei den Proben Nr. 17 u. 18 war solches aber wohl der Fall.

Anfang November können die Larven mit Erwärmung auch noch bei einer 24stündigen Behandlung getötet werden (Nr. 19). Ohne Erwärmung werden sie bei einer 48stündigen Behandlung getötet.

Aus den im Jahre 1939 unternommenen Versuchen könnte man vielleicht schließen, daß der Temperaturrückgang im September die Ursache davon war, daß die Larven nach einer 10stündigen Behandlung noch nicht tot waren. Man vergleiche den 27. mit dem 21. September 1939. Im Jahre 1940 wurden die Zwiebeln nun vom 28. Oktober ab öfter erwärmt, um feststellen zu können, ob das Töten der Larve dadurch gefördert wird.

Die behandelten Zwiebeln von Orange Phoenix, King Alfred und Seagull wurden nach Limmen gesandt und dort im Hortus Bulborum (Firma Van 't Hof & Blokker) gepflanzt. Bei den behandelten Pflanzen kam der Sproß von Orange Phoenix am schlechtesten zur Entwicklung. Viele Pflanzen bekamen keine Blume. Aber auch die unbehandelten Exemplare blühten bei weitem nicht gut. Es ist daher anzunehmen, daß diese gefüllt-blumigen Varietäten nicht unter den erwünschten Konditionen gezüchtet wurden. — Fig. 5 zeigt uns King Alfred. Die im Juli behandelten Zwiebeln befinden sich zwischen zwei vertikal stehenden kleinen Pfählen. Rechts davon sind die unbehandelten King Alfred-Zwiebeln gepflanzt worden. Wie man sieht, haben die im Juli behandelten Zwiebeln weniger Blumen

Fig. 5: King Alfred, in der Blüte: April 1941 (Versuche Nr. 1—3, erste Serie)

Fig. 6. Seagull, in der Blüte: April 1941 (Versuche Nr. 1—3, zweite Serie)

bekommen. Die Blumen, welche sich entwickelt haben, sind jedoch von guter Beschaffenheit. — Fig. 6 gibt uns einen Eindruck von der behandelten Seagull. Hier mangelt es an nichts. Alle Zwiebeln blühen prachtvoll; Blätter und Blumen zeigen keine einzige Abnormität.

Aus diesem Beispiel geht hervor, daß die Behandlung, welche Seagull im August gehabt hat, für die Sprossen sehr befriedigend war.

5. Zusammenfassung

1. Bei den ersten Versuchen, welche mit der Kohlensäure-Sauerstoff-Druckmethode unternommen wurden (1938) stellte sich heraus, daß die Made der Großen Narzissenfliege am besten bei einer 24stündigen Behandlung mit einer Gasmischung von 20 % Kohlensäure und 80 % Sauerstoff unter einem Druck von 12 at getötet werden kann, und daß die Made bei einer 48stündigen Behandlung unter allen Umständen stirbt.
2. Durch die zweite Serie Proben (vom 18. August bis zum 25. Oktober 1939) kam zutage, daß die Made bei einer 10stündigen Behandlung (übrigens unter denselben Konditionen wie im Jahre 1938) noch bis in die zweite Hälfte September hinein getötet werden konnte. Danach mußte die Dauer der Behandlung im Zusammenhang mit dem Temperaturrückgang verlängert werden, was bis auf 24 Stunden geschah.
3. Es wurden auch noch eingehende Untersuchungen über die Entwicklung der Sprosse nach der Behandlung angestellt. Wenn Zwiebeln von guter Beschaffenheit genommen werden und wenn die Behandlung früher als im Oktober und November erfolgt, dann kann das Resultat — sowohl bei den getriebenen als auch bei den im Freien gepflanzten Zwiebeln — befriedigend sein.

4. Die dritte Serie der Versuche (vom 18. Juli bis zum 18. November 1940) hat uns gelehrt, daß man mit der Behandlung nicht zu früh anfangen soll; die Zwiebeln sind dann noch nicht reif und noch nicht trocken. Bei einer 15stündigen Behandlung konnten die Maden noch bis in die erste Hälfte Oktober hinein getötet werden. Danach wurden sie mit Erwärmung nach 24 Stunden getötet und ohne Erwärmung nach 48 Stunden.
5. Aus dem Blühen der behandelten Zwiebeln (Frühjahr 1941) konnte man die Schlußfolgerung ziehen, daß diese Methode befriedigt, unter der Voraussetzung, daß die Zwiebeln reif und trocken sind und zur rechten Zeit behandelt und gepflanzt werden, d. h. im August und September.

Nachstehend werden wiederum die Namen derjenigen Narzissen angeführt, mit denen experimentiert worden ist, und zwar in der Reihenfolge, in welcher sie in dieser Publikation erwähnt worden sind. (Siehe hierzu "Classified List of Daffodil Names", The Royal Horticultural Society, London, 1950). Dahinter ist angegeben, zu welcher „Division" sie gehören.

Narzissensorten und -varietäten	Division	Narzissensorten und -varietäten	Division
Emperor	1	Golden Spur	1
Bonfire	3	Sir Watkin	2
Tresserve	1	Gloriosa	10
Helios	2	Paperwhite	10
King Alfred	1	Early Giant	1
Bicolor Victoria	1	Medusa	8
Orange Glory	6	Croesus	2
Twink	4	Tazetta	10
Spring Glory	1	Gefüllte Ornatus	10
Laurens Koster	8	Seagull	3
Orange Cup	8	Orange Phoenix	4
Cheerfulness	4	Primrose Phoenix	4
Early Orange	3	American Beauty	1
Princeps	1	Canadian Beauty	1
Christmas Glory	1	L'Innocence	8

1 = Trumpet Narcissi; 2 = Large-cupped; 3 = Small-cupped; 4 = Double Narcissi; 6 = Cyclamineus Narcissi; 8 = Tazetta Narcissi; 10 = Species and Wild Forms and Hybrids.

Summary

The Carbonic Acid-Oxygen-Pressure Method to combat the Daffodilfly (*Lampetia equestris* F.)

From the first trials having been made (1938) with the carbonic acid-oxygen-pressure method resulted, that the grub of the big daffodil-fly best can be killed during a twenty-four hours treatment of gasmixture, viz. 20 % carbonic acid and 80 % oxygen under a pressure of 12 at, and that the grub dies with a treatment of 48 hours by all circumstances. — By the second series of experiments (from 18th. August till 25th. October 1939) appeared, that the grub still in course of the second half of September could be killed (after all in the same conditions as in the year 1938). Afterwards the duration of the treatment in connection with the declining

of temperature must be extended, which happened up to 24 hours. — Moreover still intensive researches about the development of the bud after treatment have been promoted. When bulbs in good condition are taken and when the treatment follows earlier than in October and November, then the issue — as well with the bulbs forced as with the bulbs planted outside — can be satisfying. — The third series of the trials (from 18th. July till 18th. November 1940) have learnt us, that with the treatment one must begin not too early; the bulbs then are not yet ripe and not yet dry. At a 15 hours treatment the grubs still could be killed in the course of the first half of October. Afterwards they were killed with heating after 24 hours and without heating after 48 hours. — From the flowering of the treated bulbs (spring 1941) one finally could deduce, this method is satisfying, provided the bulbs are ripe and dry, treated and planted in due time, viz. in August and September.

Literaturverzeichnis

de Mol, W. E., 1953. Die Kohlensäure-Sauerstoff-Druckmethode zur Bekämpfung der Großen Narzissenfliege *(Lampetia equestris* F.), I. Z. f. angew. Entomologie, 35, 319—338.

Aus dem Institut für angewandte Zoologie, München
Direktor: Prof. Dr. W. Zwölfer

Versuche zur Feststellung des Honigtauertrages von Fichtenbeständen mit Hilfe von Waldameisen

Von

Gerhard Zoebelein, München

Die roten Waldameisen (*Formica rufa* L. und ihre durch Gösswald (1952) beschriebenen Unterarten) benötigen bekanntlich zur Deckung ihres Nahrungsbedarfs die Honigtau-Ausscheidungen von Aphiden und Cocciden. Es ist bisher nicht genügend klargestellt worden, daß die Homopteren auf diese Weise den Hauptteil der Waldameisennahrung liefern, demgegenüber die Insektenbeute nach neueren Untersuchungen (Wellenstein 1952, Zoebelein 1954) einen wesentlich geringeren Anteil ausmacht). Die Ameisen belaufen die in ihrem Nestbereich liegenden Bäume und besuchen die dort vorhandenen, teilweise von ihnen gehegten Rindenlausherde und Coccidenarten.

Diese Gewohnheit läßt sich benutzen, um die Mengen an Honigtau zu bestimmen, die die Ameisen von verschiedenen Forstgehölzen eintragen. Neben der Feststellung der Honigtauproduktion selbst, wie sie Büsgen (1891) Leonhardt (1940) u. a. durchführten, und der Möglichkeit durch Waagstockergebnisse an Bienenvölkern in Waldtrachtgebieten zu Ertragszahlen zu kommen, erlaubt es das angewandte Verfahren 1, die Menge der Honigtauerzeugung der Rhynchoten auf dem Wege über die Ameisen zu bestimmen, ähnlich wie das Oekland (1930) und neuerdings Wellenstein (1952) versuchte:

Es wird zunächst in Zeitabständen von 1—2 Std., unter Umständen auch in längeren Intervallen, die Zahl der Ameisen festgestellt, die innerhalb von 3 Min. eine im Frühjahr in Brust-Augenhöhe am Beobachtungsstamm angebrachte Markierungslinie durchlaufen. Dabei kann es vorkommen, daß der Durchlauf so stark wird, daß der Beobachter mit dem Zählen nicht nachkommt. In solchen Fällen muß der Beobachtungsabschnitt in 2 oder 3 Zonen aufgeteilt und in jeder von diesen 3 Min. gezählt werden[2]).

Nun muß noch festgestellt werden, wieviel Honigtau vom Baum getragen wird. Hierzu werden jeweils 100 aufwärtslaufende und 100 abwärts-

[1]) Zumindest in Zeiten, wo keine Übervermehrung einzelner Insektenarten im Walde vorliegt.

[2]) Die Zählungen werden sehr durch den Umstand erleichtert, daß die Ameisen immer nur an einer Seite des Stammes zu laufen pflegen; zumeist ist es die dem Nest zugewandte.

laufende Ameisen in ein besonders konstruiertes Fanggläschen[3]) gesammelt. Beide Proben werden sodann auf der Analysenwaage gewogen. Die Gewichtsdifferenz (ablaufende minus auflaufende Ameisen) ergibt die von 100 Ameisen eingetragene Honigtaumenge. Nach vorsichtiger Trocknung beider Proben im Trockenschrank oder Exsiccator bis zur Gewichtskonstanz, kann auch der Gehalt des Honigtaus an Festsubstanz (Zucker) bestimmt werden. Aus den 3 Min.-Zählungen und den Wägungen errechnet sich die innerhalb der Beobachtungszeit eingetragene Honigtaumenge. Hierzu wird der Durchschnitt der 3 Min.-Zählwerte und der Durchschnitt der Wägungsergebnisse ermittelt. Daraus kann der stündliche Eintrag am Beobachtungsstamm festgestellt werden:

$$\frac{\text{Zahl der in 1 Std. durchlaufenden Ameisen} \times \text{Durchschnittliche Gewichtsdifferenz}}{100}$$

Durch Multiplikation mit der Zahl der Beobachtungsstunden ergibt sich der Eintrag im Beobachtungszeitraum (z. B. im Tag)[4]).

Für die nun folgenden Betrachtungen sei darauf hingewiesen, daß die angegebenen Zahlenwerte nicht ohne weiteres jenen Mengen gleichgesetzt werden können, die Honigbienen einzutragen vermögen. Ebenso wie die von Büsgen (1891) und Leonhardt (1940) angewandten direkten Methoden zur Feststellung der von den Läusen abgegebenen Honigtaumenge, sind sie nur ein Anhaltspunkt dafür, wieviel Blattlauszucker von einem Baum geliefert werden kann. Auch muß berücksichtigt werden, daß Ameisen Blattläuse durch Betrillern mit den Antennen zu erhöhter Honigtauabgabe anregen, während dies bei Schildläusen nicht oder nur selten der Fall ist. Das angewandte Verfahren gibt deshalb genauere Unterlagen für die Honigtauproduktion der Schildläuse, während die mit Lachniden gewonnenen Ergebnisse nicht ohne weiteres verwendet werden können. Aus diesem Grunde seien hier nur die Ergebnisse berücksichtigt, die mit der Fichtenquirlschildlaus *(Physokermes piceae Schrk. syn.: Lecanium hemicryphum Eckst.)* gewonnen wurden, die bekanntlich neben der Weißtannenkienlaus *(Buchneria pectinatae Nördl. syn.: Lachnus pichtae Mordw.)* unsere wichtigste heimische Honigtauerzeugerin ist.

Die Versuche wurden zum Teil mit Hilfe von *Formica rufa L. (var. rufopratensis minor Gössw.)*, zum Teil mit *Coptoformica exsecta var. pressilabris Nyl.* durchgeführt. Aus den zahlreichen Beobachtungen sei hier nur ein Beispiel mit Durchlaufszahlen und den Temperatur- und Luftfeuchte-Daten während der Beobachtungszeit in Tab. 1 und 2 dargestellt. Die dort erwähnten beiden Fichten waren beide etwa 60—80 Jahre alt und standen am Bestandsrand.

---

[3]) Dabei handelt es sich um Zylindergläschen von etwa 3,5 cm Durchmesser und 7 cm Höhe, auf die zum Einsammeln der Ameisen ein Korken gesetzt wird. In der Mitte weist dieser eine Durchbohrung auf, in die ein oben trichterartig erweitertes Glasrohr gesteckt ist. Die Ameisen rutschen durch das Glasröhrchen in die Gläser und sterben hier nach kurzer Zeit, weil sie sich durch Abspritzen von Wehrsekret selbst töten. Bei diesem Verfahren sind die Wägungsergebnisse genauer als bei der von Oekland (1930) und Wellenstein (1952) angewandten Äthertötung.

[4]) Die Beobachtungszeiten müssen annähernd gleichmäßig auf Tag und Nachtstunden verteilt werden!

Ein Blick auf Tab. 1 zeigt einen sehr unterschiedlichen 3 Min.-Durchlauf, weil die Beobachtung an einem Tag mit sehr wechselnder Witterung gemacht wurde. Die Werte vom 21. 5. auf Tab. 2 geben ein Bild von den Verhältnissen an einem Schönwettertag. An solchen Tagen ist deutlich ein Optimum im Durchlauf der Ameisen in den Morgen- und Abendstunden festzustellen. Demgegenüber ist es schwer, aus dem Durchlauf an ausgesprochenen Regentagen brauchbare Schlüsse zu ziehen, weil der auf den Schilden der Läuse liegende Honigtau abgewaschen wird.

Tabelle 1

Fichte, belaufen von *Formica rufa* L. *(var. rufopratensis minor* Gössw.) Herrsching 17.—18. 6. 1953

Uhrzeit	Temperatur in ° C.	Relat. LF. in %	Durchlauf in 3 Min.
1	12,0	97	34
4	11,5	97	31
5	12,0	95	38
6	12,5	95	48
8	13,0	90	51
12	18,5	75	101
13	19,2	68	118
14	20,2	62	97
15	21,0	62	199
16	21,0	57	76
17	20,5	60	82
18	19,7	67	68
19	18,5	71	46
20	16,5	85	52
21	15,7	90	53
23	14,2	95	41
1	14,0	95	28

Tabelle 2

Fichte, belaufen von *Coptoformica exsecta var. pressilabris* Nyl., Nähe Ismaning b. München, 21. 5. 1953

Uhrzeit	Temperatur in ° C.	Durchlauf in 3 Min.
7	14,5	211
9	20,5	234
11	23,0	282
14	25,0	201
16	24,5	211
18	24,0	272
19	23,5	287
20	22,0	271

Der Eintrag von der durch die kleine rote Waldameise belaufenen Fichte läßt sich für die 24 Stunden vom 17. 6., 1 Uhr bis 18. 6., 1 Uhr annähernd wie folgt berechnen:

Zahl der durchschnittlich in 3 Min. durchlaufenden Ameisen = 67
hieraus Zahl der durchschnittl. in 1 Std. durchlaufenden Ameisen = 1340

Wägungsdurchschnitt[5]) : 543 mg

$$\text{also: } \frac{1340 \times 543}{100} = 7276{,}2 \text{ mg stündlicher Eintrag}$$

das ist im Tag also 7276 mg × 24 Std. = 174,6 g von einer Fichte.

Nach den gemachten Erfahrungen kann im groben Durchschnitt ein Tageseintrag mit 200—250 g veranschlagt werden. Obiges Ergebnis liegt also unter dem Durchschnitt, kann deshalb ohne auf übertrieben hohe Zahlen zu kommen, zur Berechnung des monatlichen Eintrags herangezogen werden. Die Fichtenquirlschildlaus honigt je nach Wetterlage während der Monate Mai und Juni insgesamt etwa 4 Wochen. In dieser Zeit werden nach dem oben ermittelten Tagesergebnis von einer Fichte rund 5 kg Honigtau eingetragen, d. h. man kann sagen, daß die Quirllaus mindestens diese Menge produziert. Legt man dieses Ergebnis zugrunde, so er-

[5]) Wert aus insgesamt 18 Wägungen an verschiedenen Tagen im Mai/Juni.

gibt sich z. B. für 1 ha 60—80jähriger Fichten, auf dem nach den Ertragstafeln für Südbayern (1951) bei Ertragsklasse II 775—1310 Fichten stehen, bei niedrigster Kalkulation (775 Fichten) ein Ertrag von 3875 kg, wenn man annimmt, daß jede Fichte die gleiche Menge honigen würde. Nun sind aber die Bäume im Bestandsinnern nicht ebensostark von Quirlläusen besetzt, wie die Randbäume, der um etwa den 5. Teil schwächere Ameisendurchlauf an diesen läßt es jedenfalls annehmen. Der oben auf Randfichten berechnete Betrag ergäbe also entsprechend reduziert einen ha-Ertrag von 700 kg während der Trachtzeit. Der von ZWÖLFER (1952) erschätzte Ertrag von 400 kg/ha ist bestimmt zu niedrig angesetzt, gibt aber ungefähr die Menge Honigtau an, die von Bienen unter günstigen Wetterbedingungen eingetragen werden könnte.

Der Eintrag von einer durch *Coptoformica exsecta var. pressilabris Nyl.* belaufenen Fichte betrug an einem Schönwettertag 417 g und kann natürlich zu einer Berechnung des Eintrages während der Trachtzeit nicht herangezogen werden. Der Honigtauertrag von einem ha 60—80jähriger Fichten wäre, nach obigem Modus errechnet, für den Beobachtungstag (21. 5.) mit ca. 65 kg zu veranschlagen.

Ein Bienenwaagvolk trug vom 19. 5.—19. 6. 53, also in einem Monat, in einem Fichtenquirllaustrachtgebiet Oberbayerns 11 kg ein[6]). Nimmt man den Mai/Juni-Honigtaueintrag eines Bienenvolkes in wettergünstigen Trachtjahren mit ca. 20—25 kg an, dann erhellt, daß der von der Quirllaus abgegebene Honigtau hierbei bei weitem nicht voll ausgenutzt wird. Die in ZANDER's Buch (1949) genannten Zahlen sind nach Obigem gar nicht so erstaunlich hoch, wie sie manchem erscheinen mögen.

Nebenbei sei erwähnt, daß sich mit Hilfe der Ameisen auch der Wassergehalt des Honigtaues gut feststellen läßt. Dabei wird deutlich (Tab. 3), wie sehr der Eintrag von Quirllaushonigtau von den Witterungsbedingungen abhängig ist. Wie schon erwähnt, ist bei Dauerregen kaum Honigtau vorhanden, auch durch kurze, kräftige Regenschauer wird er größtenteils abgewaschen. Bei schönem Wetter hängt sein Wassergehalt stark von den Außenbedingungen ab, insbesondere von Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsverhältnissen. Da die Bienen im Gegensatz zu den Ameisen den Honigtau, sobald er zäh wird, nicht mehr aufnehmen, beschränkt sich ihre Honigtausammeltätigkeit an solchen Tagen meist auf die frühen Morgen- und späten Abendstunden. Als besonders günstig erscheinen die Tage, wo bei vergleichsweise hoher

Tabelle 3
Wassergehalt bei Wägung mit *Coptoformica exsecta var. pressilabris* Nyl. 21. 5. 1953

Uhrzeit	Temp. in ° C.	% Wasser
7	14,5	91
11	23,0	74
14	25,0	60,2
20	22,0	78,4

Tabelle 4
Wassergehalt bei Wägungen mit *Formica rufa L. (var. rufopratensis minor* Gössw.) am 15. 5. und 11. 6. (Tage mit starker Wolkendecke ohne Regenfälle, Temp. 16—20° C

Tag	Uhrzeit	% Wasser
15. 5.	8	90
11. 6.	11	85
15. 5.	12	86
15. 5.	14	80
11. 6.	14	78
11. 6.	16	84
15. 5.	19	87

[6]) Für die Überlassung diesbezüglicher Angaben bin ich Herrn Prof. Dr. W. ZWÖLFER zu Dank verpflichtet.

[7]) Offen bleibt ferner die Frage, ob der wechselnde Wassergehalt nicht auch auf eine unterschiedliche Konzentration des Siebröhrensaftes zurückzuführen ist.

Temperatur und gleichzeitig hoher Luftfeuchtigkeit der Wassergehalt des Honigtaus sich nur wenig ändert[7]), wie es das Beispiel der Tab. 4 zeigt. Unter solchen Verhältnissen dürften auch die von Gontarski (1940) genannten hohen Tageszunahmen bei Waagstöcken zustandekommen.

Anhangsweise seien noch einige mittels der Ameisenmethode festgestellte Ertragswerte erwähnt, welche dem eingangs Gesagten entsprechend, nicht als bindend angesehen werden können, aber doch Anhaltspunkte bieten. So betrug zum Beispiel der Jahreseintrag an Lachniden-Honigtau durch Waldameisen *(F. rufa L. var. rufopratensis minor* z. T. *auch major Gössw.)* von

einer Fichte	30 kg Honigtau	mit	4 kg Trockensubstanz
einer Buche	25—30 kg Honigtau	mit	6—7 kg Trockensubstanz
einer Kiefer	70 kg Honigtau	mit	20 kg Trockensubstanz[8]).

Wie Zander (1949) ausführt, ist es schwer, sich von den in unseren Wäldern verborgenen Schätzen eine Vorstellung zu machen. Die erwähnten Ertragszahlen stellen einen Versuch dar, diesen Vorstellungen Gestalt zu verleihen und zu verdeutlichen, daß der Honigtauertrag unserer Wälder, wie schon Zander (1949), Geinitz (1938) und Zwölfer (1949) hervorhoben, bei weitem nicht voll genutzt wird.

Es ist zu hoffen, daß durch weitere Untersuchungen über die Biologie der Honigtauerzeuger und die Möglichkeiten der Ausnutzung der Waldtracht, der Praxis Hilfsmittel an die Hand gegeben werden, die es erlauben, den Waldhonigtau der Volkswirtschaft in ausgedehnterem Maße als bisher zugänglich zu machen.

Literaturverzeichnis

Büsgen, M., Der Honigtau. Jena 1891.

Geinitz, B., Die Entstehung des Tannenhonigs. Festschrift zum 60. Geburtstag von Enoch Zander, 1933.

— — Honigtau, Bienenzucht und Forstwirtschaft. Verh. 7. int. Kongr. Ent. Berlin 1938/ 3/1735—1904.

Gontarski, H., Beitrag zur Honigtaufrage. Z. ang. Ent. Bd. 27, S. 321—332, 1940.

Gösswald, K., Die rote Waldameise im Dienste der Waldhygiene. Lüneburg 1952.

Leonhardt, H., Klima, Witterung und Honigtau. Anz. f. Schädlingskde. Bd. XVI, S. 85—90, 1940.

Oekland, F., Wieviel Blattlaushonig verbraucht die rote Waldameise. Biol. Zentr. Bl. Bd. 50 S. 449—459, 1930.

Wellenstein, G., Zur Ernährungsbiologie der roten Waldameise. Z. Pflanzenkrht. und Pfl.schutz Bd. 59 S. 430—451, 1952.

Zander, E., Beiträge zur Herkunftsbestimmung bei Honig. IV. Studien zur Herkunftsbestimmung bei Waldhonigen. München 1949.

Zoebelein, G., Der Honigtau als Insektennahrung. Erscheint Z. ang. Ent.

Zwölfer, W., Der Wald als Honigspender. Allgem. Forstz. Jg. 4, Heft 31/32, 1949.

— — Die Waldbienenweide und ihre Nutzung als forstentomologisches Problem. Verhandl. d. dtsch. Ges. f. angew. Ent. auf d. 12. Mitglv. Frankfurt 1952. — Berlin 1954.

Hilfstafeln für die Forsteinrichtung (Vanselow, Fichte, Südbayern) Herausgegeben von der bayr. Ministerialforschungsabteilung 1951.

[8]) Die Werte schwanken natürlich je nach Zahl der auf dem betreffenden Baum saugenden Läuse.

Aus dem Institut für angewandte Zoologie, München

Zur Auslesemethode der Waldboden-Kleinfauna[1])

Von

G. Ronde

Mit 3 Abbildungen

Das Studium der Kleinfauna verschiedenartiger Waldböden und jenes der Wirkungen von Bodenverbesserungsmaßnahmen (wie Kalkdüngung usw.) und anderer äußerer Einflüsse auf das Tierleben des Waldbodens setzt die quantitative Erfassung der Bodenkleintierwelt voraus. Für eine solche Analyse werden bekanntlich in einem einheitlich beschaffenen Untersuchungsgebiet aus verschiedenen Horizonten Bodenproben entnommen, die in mehreren getrennten Analysengängen nach dem Vorkommen aller Tiergruppen untersucht werden.

Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zu der Auslese-Methode von Milben und Collembolen aus dem Waldboden liefern. Die Erfassung dieser beiden bodenbiologisch bedeutsamsten Gruppen, die vor allem die obersten Bodenschichten bis zu 20 cm Tiefe in größerer oder geringerer Dichte besiedeln, geschieht im allgemeinen mit Hilfe von „Auslese-Automaten" in Trichterform, die zuerst von Berlese und Tullgren entwickelt wurden. Franz (1950)[2]) hat in Anlehnung an Schimitschek (1937) den sog. „Analysenschrank" entworfen, in dem

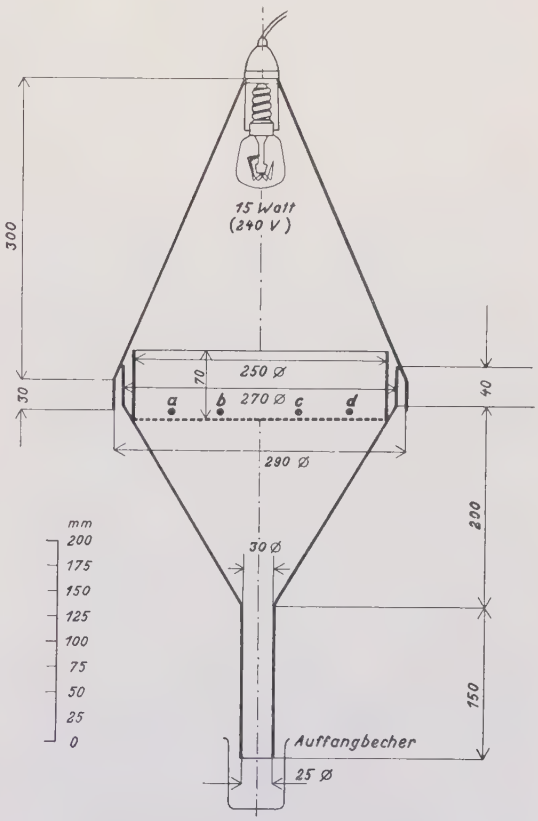

Abb. 1. Schnittmodell eines „Deckeltrichters"

[1]) Durchgeführt mit Unterstützung der Dt. Forschungsgemeinschaft.

[2]) Franz, H., 1950: Bodenzoologie als Grundlage der Bodenpflege. Akademie Verlag, Berlin.

insgesamt 18 Trichterautomaten in 3 Etagen, von oben her beleuchtet angeordnet sind. Auch für die Untersuchung der Proben von Waldböden (aus Streu, humosem Oberboden und Mineralboden), die seit einiger Zeit am Münchener Institut serienweise nach Standort und Bestockung getrennt ausgelesen werden finden die Trichterautomaten nach SCHIMITSCHEK in veränderter Form Anwendung (als „Deckeltrichter", vgl. Abb. 1 u. 2). In diesen Trichter wird ein Rundsieb mit entsprechend hohem Rahmen gestellt. Die Einsatzsiebe sind auswechselbar und weisen verschiedene Maschenweiten auf. Bei den Münchener Modellen finden Maschenweiten von 1 mm u. 2 mm Verwendung. Wird das Trichterinnere dunkel gehalten, die Bodenprobe aber von oben beleuchtet, so streben die lichtscheuen und temperaturempfindlichen Milben und Collembolen bei beginnender Austrocknung des Bodens nach unten, fallen durch die Maschen des Siebes in den Trichter und durch diesen in die Flüssigkeit des darunter befindlichen Glases, aus der sie ausgelesen werden können. Da vor allem die Collembolen zarte, weichhäutige und temperaturempfindliche Tiere sind, wurde auf eine gleichmäßige Erwärmung der Bodenprobe besonders Wert gelegt. Die Temperatur hängt ab von der Art und Feuchtigkeit des zu prüfenden Bodens, der Stärke der Licht- bzw. Wärmequelle (von Größe, Form, Material des den Trichter umgebenden Gehäuses), und von der Beschaffenheit des Trichters selbst.

Eine Anzahl von Versuchen hat ergeben, daß bei zu starker Licht- bzw. Wärmequelle die Bodenproben frühzeitig austrocknen und die zarten, temperaturempfindlichen Collembolen vor dem Herabwandern in den Trichter absterben. Bei zu schwacher Bestrahlung andererseits können sich verschiedene wärmeresistente Tiere in das Innere der Bodenprobe zurückziehen und somit ebenfalls das Auslese-Ergebnis erheblich beeinträchtigen.

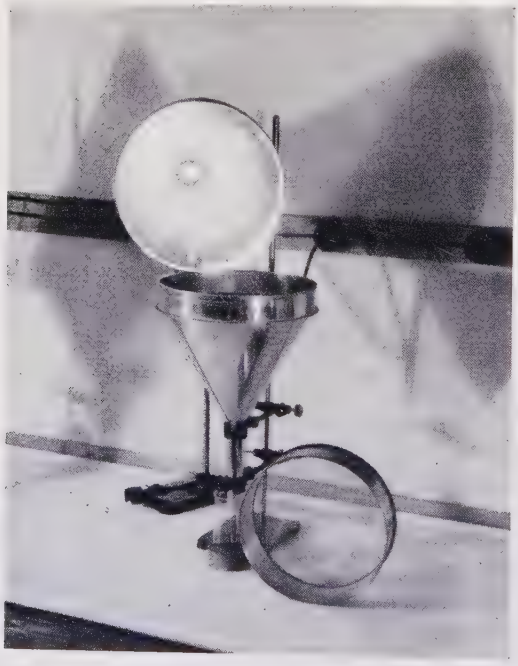

Abb. 2. Der geöffnete „Deckeltrichter", mit herausgestelltem Einsatzsieb. (Lichtquelle gut erkennbar)

Für die Erfassung von Milben und Springschwänzen aus dem Waldboden wurde ein „Deckeltrichter" aus Weißblech in solchen Abmessungen kostruiert (Abb. 1—3), daß die bestrahlte Bodenprobe durch die in den Deckel eingebaute Glühlampe (15 Watt) gleichmäßig Licht und Wärme von oben erhält. Strahlungsmäßig noch günstiger wäre eine Paraboloidform des Deckels gewesen, deren Herstellung jedoch zu teuer ist.

Gleichzeitige Temperaturmessungen wurden an je 4 Stellen (Abb. 1; die Punkte a, b, c, d) bei 10 Proben

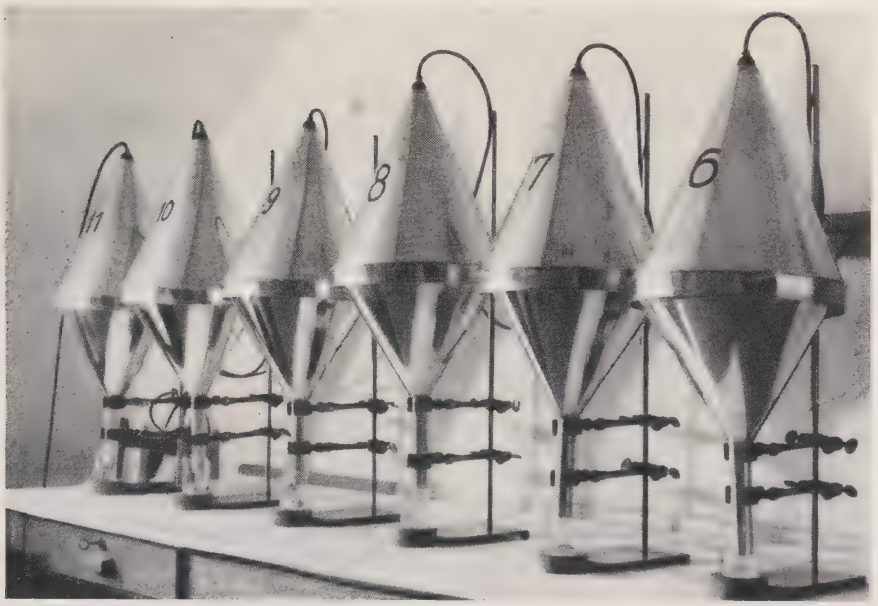

Abb. 3. Die „Deckeltrichter" während einer Serienuntersuchung

durchgeführt, die dem gleichen Standort entnommen und mittels der „Deckeltrichter" ausgelesen worden waren. An 2 Bodenproben, (wie üblich 1225 ccm) einmal aus anmoorigem Oberboden (6—9 cm), dann aus fast reinem Sand (18—22 cm Kreidesand) des gleichen Bodenprofils ergaben sich als höchste Temperaturdifferenz im anmoorigen Oberboden 2,8 Grad C, im Sandboden 1,2 Grad C. Die geringere Temperaturdifferenz im Sandboden hängt offenbar mit dessen besserer Erwärmbarkeit zusammen (Tab. 1).

Tabelle 1

Gleichzeitige Temperaturmessungen an je 4 Stellen (Abb. 1, die Punkte a, b, c, d) von 10 Bodenproben, die dem gleichen Standort entnommen wurden. Auslese mit dem „Deckeltrichter". (Messungen am 6. Tag nach Beginn der Auslese)

Trichter	Nr.	Temperatur in ° C Meßpunkte a	b	c	d	Temp.-Differenz	Trichter	Nr.	Temperatur ° C Meßpunkte a	b	c	d	Temp.-Differenz
11225 ccm	1	26	25,7	25,9	26,4	0,4	1225 ccm	1	26,8	27	27	26,9	0,2
an-	2	25,3	25	25,8	26,1	1,1	Kreide-	2	27	26,4	27	26,9	0,6
mooriger	3	26,9	27,1	25,1	27,8	**2,8**	sand,	3	28	27,6	28	28	0,4
Ober-	4	26,1	26	26,3	27,5	1,4	18—22 cm	4	26,5	27,6	27,1	27,4	0,9
boden,	5	25,4	25,7	25	25,2	0,4		5	26,3	27,4	26	26,2	**1,2**
6—9 cm	6	25,1	26,2	25,8	26	0,9		6	27,5	27	27	26,5	0,5
	7	26,4	26,7	25,1	26,5	1,4		7	28	28	28,4	28	0,4
	8	25,3	25,9	26,1	25,7	0,8		8	27,3	27,9	27,4	27,3	0,6
	9	24,8	24,9	25,2	24,2	1,0		9	26	26,9	26,7	26,8	0,9
	10	25,7	25	24,6	24,8	1,1		10	28	28,2	27,9	28	0,3

Zusammenfassung

1. Um die beiden bodenbiologisch bedeutsamsten Tiergruppen, die Milben und Collembolen aus dem Waldboden zu erfassen, wurde in Anlehnung an Schimitschek und Franz ein „Deckeltrichter" konstruiert, mit dessen Hilfe die zarten, temperaturempfindlichen Kleintiere des Waldbodens gut ausgelesen werden können. (Fehlerprozent nicht höher als 10). Dabei wurde vor allem auf eine gleichmäßige und nicht zu hohe Erwärmung des Trichterinnern, d. h. der Bodenprobe (bis etwa 28 Grad C.) gelegt.
2. Mit Hilfe der „Deckeltrichter" ist die gleichzeitige Auslese von mehreren Bodenproben unter denselben Bedingungen möglich. Sie gestatten die serienweise Durchführung von Analysen.

Referate

Thienemann, August, Chironomus. Leben, Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung der Chironomiden. Die Binnengewässer Bd. XX, XVI, 834 Seiten, 300 Abb. und 31 Taf. E. Schweizerbarth'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. Broschiert 140,— DM.

Vor 50 Jahren waren ca. 1100 Chironomidenarten aus allen Teilen der Erde beschrieben, doch nur von 4—5 % die Metamorphose kaum oder teilweise bekannt. Die Zahl der aus der Palaearktis bekannten Arten ist heute auf 2000 angewachsen. Erst durch die Arbeiten des Autors und seiner Schule wurde durch die Bearbeitung der Jugendstadien die Bedeutung dieser Familie für die Lösung ökologischer Probleme der Binnengewässer klar erkannt. Ein halbes Jahrhundert hat Thienemann, dessen Name untrennbar mit der Chironomidenforschung verbunden ist, zur Entfaltung dieses Forschungszweiges aktiv beigetragen oder seinen Weg wesentlich beeinflussen können. Daher war es nur ihm möglich, bei der Fülle der häufig auch dem Spezialisten unzugänglichen Literatur einen Gesamtüberblick über Leben, Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung der Zuckmücken *(Chironomidae — Tendipedidae)* und der ihnen nahestehenden Gnitzen *(Ceratopogonidae — Heleidae)* zu geben. Bei der Durchsicht dieses umfangreichen Werkes wird einem völlig klar, welche Fortschritte die Kenntnis über die Biologie und Ökologie der Chironomiden gerade in den letzten Jahren gemacht hat. Da die Morphologie, Embryologie und Systematik unberücksichtigt bleiben, wird nicht nur der Spezialist, sondern auch der allgemein interessierte Zoologe das Buch mit großem Nutzen lesen und viele Anregungen finden. Jeder Biologe und Entomologe, Limnologe und Fischereibiologe wird beim Durchblättern des Werkes erstaunt sein über die Fülle der wissenschaftlich und wirtschaftlich bedeutsamen Einzelheiten. Das Werk ist in 3 Bücher mit etwa 89 größeren Abschnitten eingeteilt. Als Einleitung wird die Geschichte der Chironomusforschung, die ökologische Valenz und allgemein biologische Grundgesetze in ihrer Anwendung auf die Chironomiden entwickelt.

Das erste Buch umfaßt das Leben der Mücken unter Berücksichtigung der Autökologie der Metamorphosestadien, sowie des Lebensablaufes der Imagines und schließt mit einer eingehenden Behandlung der Epöken, Parasiten und Feinde. Das gebotene umfangreiche Material zeigt, daß an Hand dieser artenreichen Familie alle biologischen Probleme der Lebewelt der Gewässer entwickelt werden können.

Einen umfassenden Überblick über die Verbreitung in den verschiedenen Lebensstätten gibt das zweite Buch. Terrestrische, limnische und marine Bezirke, das Grundwasser ausgenommen, besitzen ihre charakteristische Chironomidenfauna, in der sich bestimmte Arten durch besondere biologische oder auch wirtschaftliche Bedeutung auszeichnen. Größerer Raum wird naturgemäß der Seentypenlehre gewidmet, die ihre Geburt der Chironomidenforschung verdankt. Durch ihre Lunarperiodizität gewinnen einige marine Formen allgemein biologisches Interesse. Überzeugend wird der Nachweis gebracht, daß eine Erforschung der Lebensstätten nur unvollkommen ist, wenn die Chironomidenfauna unberücksichtigt bleibt. Hier anregend zu wirken ist ein Hauptanliegen des Autors.

Das dritte Buch gibt Aufschluß über die weitreichende wirtschaftliche Bedeutung der Chironomiden. Als Landplage, Blutsauger an Mensch und Tier, sowie Überträger von Krankheiten haben sie bereits Aufnahme in parasitologische und hygienische Lehrbücher gefunden, doch nie so erschöpfend wie in der vorliegenden Bearbeitung. Auf ihre Rolle als Schädlinge in Wasserwerken und Wasserleitungen, beim Belebtschlammverfahren sowie unseren Kulturpflanzen wird ebenso eingegangen wie auf die Möglichkeiten ihres Einsatzes zur biologischen Bekämpfung und ihre Bedeutung in der Abwasserbiologie. Einen wesentlichen Faktor stellen sie aber als Nahrung der Nutzfische dar. Eingehend werden daher die Fragen der Teichwirtschaft und Gewässerdüngung behandelt. Ein 46 Seiten umfassendes Literaturverzeichnis zeigt, wieviel auf diesem Gebiet bereits gearbeitet wurde. Trotzdem gibt es noch eine Unzahl ungelöster Probleme, die im Buch aufgezeigt werden und besonders den jungen Biologen zur Weiterarbeit auf diesem Gebiet anregen sollen. Ein ausführliches Sachregister und Artenverzeichnis dürfte das Werk jedem, der sich mit der Chironomidenforschung irgendwie auseinandersetzen muß,

zu einem unentbehrlichen Handbuch machen, dessen Qualität durch den Namen des Autors verbürgt ist. Die Ausstattung ist gut, der Preis dem Gebotenen durchaus angemessen. Das Buch wird sich unter den Fachkollegen viele Freunde erwerben!

MAYER, Berlin

Graff, O., Die Regenwürmer Deutschlands. 84 S., 28 Abb., Verlag M. und H. Schaper, Hannover 1953. Preis kart. DM 6,—.

Mehr und mehr bricht sich die Erkenntnis Bahn, daß zwischen Boden, Kulturpflanze und Schädlingsbefall Beziehungen bestehen, die auch von der angewandt entomologischen Forschung beachtet werden müssen. Insbesondere gewinnt der Humusgehalt der Böden auf dem Wege über ihren Wasserhaushalt für den jeweiligen physiologischen Zustand der Pflanzen Bedeutung und damit für deren Anfälligkeit gegen sogenannte Sekundärschädlinge. Bei der bekannten Rolle der Regenwürmer für die Humifizierungsvorgänge ist deren Kenntnis zur Bodenbeurteilung wesentlich. Diese an weitere Kreise zu vermitteln, hat sich die vorliegende Schrift zur Aufgabe gestellt. An Hand derselben und gestützt auf instruktive Abbildungen ist die Bestimmung der 30—40 in Deutschland auftretenden *Lumbriciden* auch dem Nichtspezialisten leicht möglich, der zugleich alles Wissenswerte über Anatomie, Forstpflanzungsverhältnisse und Bedeutung der verschiedenen Arten für die Bodenbildung aus der Schrift erfährt. — Z.

Brumpt, E. und **M. Neveu-Lemaire.** — Praktischer Leitfaden der Parasitologie des Menschen. — 2. Aufl., übersetzt u. bearbeitet nach der 4. franz. Aufl. von A. Erhardt. Springer-Verlag, Berlin 1951, 326 S., 234 Abb., Preis: Ganzleinen DM 27,—.

Das bekannte Werk der beiden französischen Gelehrten «Travaux pratiques de parasitologie», das sich die Kurse an der medizinischen Fakultät in Paris über diesen Gegenstand zum Vorbild nahm, wendet sich in erster Linie an die Studierenden der Medizin, der Tropenhygiene und der Biologie. Was Lesbarkeit, Stoffauswahl und Übersichtlichkeit der Darstellung anbetrifft, so erfüllt es seine Aufgabe, Leitfaden für praktische Übungen zu sein, in vorbildlicher Weise, ohne den Anspruch zu erheben, ein Lehr- oder Handbuch der Parasitologie ersetzen zu wollen.

Neben den Endoparasiten, auf deren Behandlung das Schwergewicht gelegt ist, werden auch die Ektoparasiten des Menschen und hier besonders die krankheitsübertragenden Formen besprochen. Von Insekten bzw. Arthropoden sind die hygienisch wichtigsten Zweiflügler, Flöhe, Wanzen, Läuse und Milben behandelt, in einem abschließenden Kapitel ferner tierische Zwischenwirte und Reservewirte. Als Einführung in das Gebiet eignet sich das Werk ausgezeichnet. — Z.

Weyer, F. — Bestimmungsschlüssel für die Anopholes-Weibchen und -Larven in Europa, Nordafrika und Westasien (Merkblatt Bernhard-Nocht-Inst. f. Schiffs- u. Tropenkrankheiten, Hamburg, Nr. 12) 2. Aufl. Verl. Joh. Amb. Barth, Leipzig 1954, 38 S., 102 Abb., Preis: brosch. DM 2,—.

Der vorliegende Schlüssel ist für eine schnelle Orientierung in der Praxis des Malariaforschers und der Malariabekämpfung gedacht. Auch der mit entomologischen Bestimmungen wenig vertraute, kann sich mit seiner Hilfe unter den ihm begegnenden Anopholes-Arten leicht zurechtfinden. Alle hierfür wesentlichen Merkmale sind in einer erfreulich großen Zahl von Abbildungen sehr übersichtlich dargestellt. Ebenso ist die Aufgliederung nach Rassen, soweit solche, wie etwa bei *A. maculipennis,* beschrieben wurden, an Hand des Schlüssels möglich. Kurze Hinweise bei den einzelnen Arten über Verbreitung und Lebensweise wird jeder begrüßen, dem Spezialwerke nicht zur Verfügung stehen. Was den geographischen Bereich der in den Tabellen berücksichtigten Arten anbetrifft, so umfaßt er unter dem Begriff Westasien den vorderasiatischen, zentral- und nordasiatischen Raum mit Sibirien. — Z.

Soeben erschien:

Mischwald im Vorland der Alpen

Beitrag zu Fragen des Bestockungsaufbaues und der Wuchsdynamik in Mischbeständen mit Buche — Tanne — Fichte im Bayerischen Wald

Von

Forstmeister Dr. J. ATTENBERGER

Heft 3 der Reihe „Forstwissenschaftliche Forschungen"

1954. 71 Seiten mit 32 Abbildungen kartoniert DM 16,—
Vorzugspreis für Abonnenten des Forstw. Cbl. DM 12,80

Am Beispiel von Wäldern des Oberbayerischen Alpenvorlandes, in denen vereinzelt noch vollendete Mischbestände mit Buche — Tanne — Fichte zu finden sind, befaßt sich Attenberger in dieser Arbeit mit dem Problem des Bestockungsaufbaues naturnaher und verarmter Bestände. Durch eingehende Vorratsaufnahmen und bildhafte Gefügedarstellungen idealer Mischungsformen wird die Bedeutung gestufter und gemischter Wälder dargestellt. Sowohl die Grenzen einer Anreicherung mit wirtschaftlich wichtigen Nadelbäumen wie auch die Folgen der Zerstörung des natürlichen Bestockungstyps und Aufbaugefüges werden aufgezeigt. Nicht zuletzt wird die Wuchsdynamik montaner Mischwälder im Hinblick auf Plenterwald und plenterartige Bewirtschaftung beleuchtet.

Als Beitrag zur Idee des Gemischten Waldes wie besonders zur Nutzanwendung für den Waldbau nicht nur im Alpenvorland ist diese Arbeit für jeden Forstwirt und Waldbesitzer von großem praktischen Wert.

Grundriß der Forstpathologie

Von

Prof. Dr. F. SCHWERDTFEGER

1950. 210 Seiten mit 139 Abbildungen in Ganzleinen DM 13,60

Der „Grundriß" vermittelt einen alles Wesentliche umfassenden Überblick über die Grundtatsachen der Waldkrankheitslehre. Insbesondere macht er mit den wirtschaftlich wichtigen Krankheiten und Schädigungen des Waldes, mit ihrer Entstehung, ihrem Verlauf und ihren Auswirkungen sowie den Möglichkeiten ihrer Verhütung und Bekämpfung eingehend bekannt. Die textliche Darstellung ist kurz und prägnant gefaßt und durch viele instruktive Abbildungen unterstützt. Wer sich rasch und gründlich über die einschlägigen Fragen orientieren will, wird dieses reich illustrierte Buch gern zur Hand nehmen.

„Das außerordentlich weitläufige und mit unendlich viel Einzeltatsachen belastete Gesamtgebiet des Forstschutzes ist hier in einer abgerundeten und umfassenden Darstellung sehr gewandt behandelt. Dank sehr klarer Begriffsbildung und eines meisterhaften Stils ist mit wenigen Zeilen jeweils das Wichtigste gesagt."

Forstwissenschaftliches Centralblatt

VERLAG PAUL PAREY / BERLIN UND HAMBURG

Soeben erschien:

Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für angewandte Entomologie e. V.

auf der zwölften Mitgliederversammlung zu Frankfurt a. M. vom 27. bis 29. Oktober 1952

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben von

Dr. H. W. FRICKHINGER und Dr. G. BECKER
Schriftführer der Gesellschaft

203 Seiten mit 79 Abbildungen, broschiert DM 20.—

Vorträge zum Rahmenthema „Einschleppung ausländischer Schädlinge"

Internationale Maßnahmen zur Bekämpfung des Kartoffelkäfers / Über den amerikanischen Webebär *Hyphantria cunea* Drury / Verbreitung und Bekämpfung der San-José-Schildlaus in Deutschland / Neue Untersuchungen aus dem Institut für Waldschutz zum Auftreten und zur Bekämpfung der Douglasienwollaus, *Gilletteella cooleyi* (Gill.) C. B. *(Adelgidae)*, im Gebiete der DDR / Der „schwarze Nutzholzborkenkäfer" *Xylosandrus germanus* Blandf., ein neuer Schädling in Deutschland / Die Einschleppung von Vorratsschädlingen in Deutschland / Die Bodentermite *Reticulitermes*, eine ernste Gefahr für die Gebäude in Hamburg / Der gegenwärtige Befall unserer Gewächshäuser mit fremdländischen Faunenelementen und unsere Erfahrungen über deren Bekämpfung / Schildläuse, Wickler und Fruchtfliege auf importiertem Obst

Vorträge anderen Inhalts

Untersuchungen an Prädatoren der Baumwollinsekten in Ägypten / Beobachtungen an *Crataerina pallida (Dipt., Pupipara)* / Räuber und Parasiten holzzerstörender Insekten in Gebäuden / Läßt sich die Zunahme eines Befalls von Vorratsschädlingen berechnen? / Untersuchungen über Lebensweise und Bekämpfung gesundheitlich wichtiger Wespen / Zur Kenntnis einiger Schmeißfliegen von hygienischer Bedeutung (*Dipt., Tachinidae*) / Zur Lebensweise und Bekämpfungsmöglichkeit des Eichenkernkäfers, *Platypus cylindrus* Fbr. / Populationsdynamische Faktoren bei der Massenvermehrung des *Dendroctonus micans* Kug. an der Sitkafichte in Schleswig-Holstein / Zum Vorkommen und Massenwechsel der Tannenstammlaus, *Adelges* (*Dreyfusia*) *piceae* (Ratz.) in Nordamerika und Europa / Untersuchungen über die stofflichen Grundlagen der Gallenbildung / Untersuchungen über die Wirkungsweise von Insektiziden / Methylbromid in der Schädlingsbekämpfung. A. Physikalisch-chemische Eigenschaften und Anwendungstechnik / Methylbromid in der Schädlingsbekämpfung. B. Wirkungsbreite / Schädlingsbekämpfung auf neuen Wegen / Die Giftspritzringmethode in der Forstschädlingsbekämpfung / Versuch einer „selektiven" Bekämpfung des Maikäfers mit einem polytoxinen Kontaktgift / Neue Erfahrungen mit arsenfreien Fraßgiften in der Forstschädlingsbekämpfung / Über Ökologie und Massenwechsel des Hopfenzünslers *Pyrausta nubilalis* (Hübn.) / Vergleichende Untersuchungen über Auftreten, Entwicklung und Schaden durch *Laspeyresia janthinana* Dup. und *Carpocapsa pomonella* L. / Hauptschädlingsprobleme in Brasilien / Die Waldbienenweide und ihre Nutzung als forstentomologisches Problem / Ergebnisse neuerer Untersuchungen über die Fichtenpuirl-Schildlaus *Physokermes piceae* (Schrk.) / Der Wirkstoffgehalt von Blütenpollen und Waldhonigen / Fermentbiologische Studien an Bienen / Neuere Untersuchungen über die Möglichkeit einer Bekämpfung der Milbenseuche der Honigbiene mit chemischen Mitteln / Biologische Nachweismethoden synthetischer Kontaktinsektizide

VERLAG PAUL PAREY / BERLIN UND HAMBURG

Verlag: Paul Parey, ⓘ Berlin SW68, Lindenstr. 44-47 (Westberlin), Herausgeber: Prof. Dr. W. Zwölfer, München 13, Amalienstr. 52. Printed in Germany. Druck: Lindemann & Lüdecke, Berlin SO 36, Oranienstr. 183 (Westberlin). Erscheinungsweise: Jährlich erscheinen etwa 6 Hefte (4 Hefte = 1 Band). Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des auszugsweisen Nachdrucks und der photomechanischen Wiedergabe, vorbehalten.